

Los Ritmos de la Vida

VOLUMEN II

DEBATE
ediciones del Prado

ATLAS DE LO EXTRAORDINARIO

LOS RITMOS DE LA VIDA

Volumen II

ATLAS DE LO EXTRAORDINARIO

LOS RITMOS DE LA VIDA

Volumen II



Dirección editorial de la serie:
Juan María Martínez
Ángel Lucía

Coordinación editorial de la serie:
Juan Ramón Azaola
Carlos Ponce

Dirección técnica de la serie:
Eduardo Peñalba

Coordinación técnica de la serie: Rolando Dias
Edición: Luis G. Martín, Íñigo Castro, Lourdes Lucía, Jinny Johnson, Rosanne Hooper y Pip Morgan
Fotografía y documentación gráfica: José María Sáenz Almeida, Marta Carranza, Juan García Costoso, Nano Cañas y Mel Peterson
Redacción: Ruth Binney
Diagramación y diseño: Zilda Tandy y Linda Abraham
Producción: Hugh Stancliffe
Suscripciones: Francisco Perales
Ilustraciones: Michael Woods, Eugene Fleury, George Glaze, Tony Graham, Tom McArthur, Richard Orr y Jim Robbins
Asesores: Edward S. Ayensu y Philip Whitfield
Autores: Paul Bohannan, John Brady, Kendrick Frazier, Martin Hetzel, Chris Morgan, D. M. Stoddart, Bryan Turner y Philip Whitfield
Versión castellana: María Jesús Hernández y Ana García Lucero

Título original: *The Rhythms of Life*

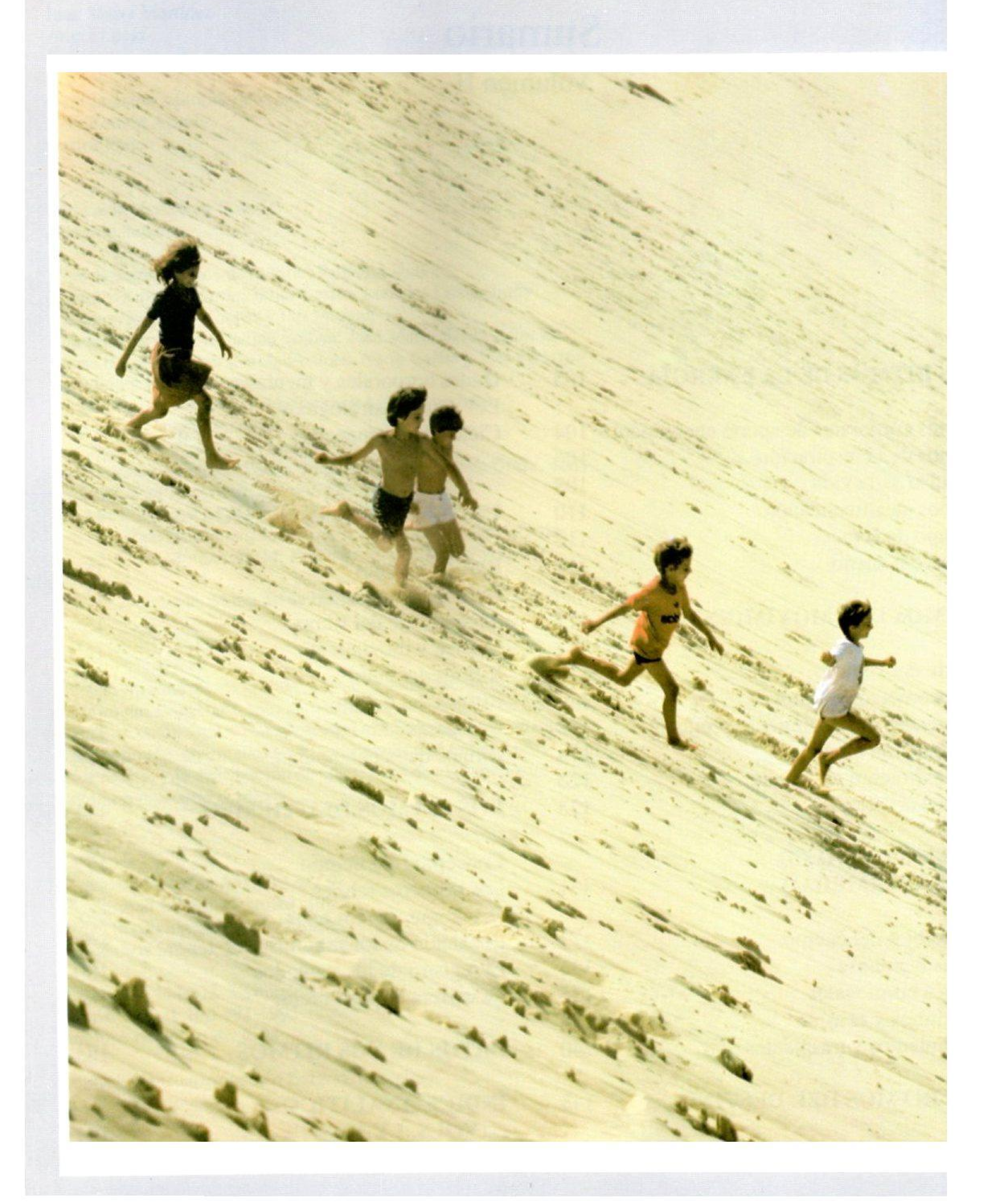
ISBN: 84-7444-678-3 Volumen II
Depósito legal: B-4.791-1993
Impreso en junio de 1994

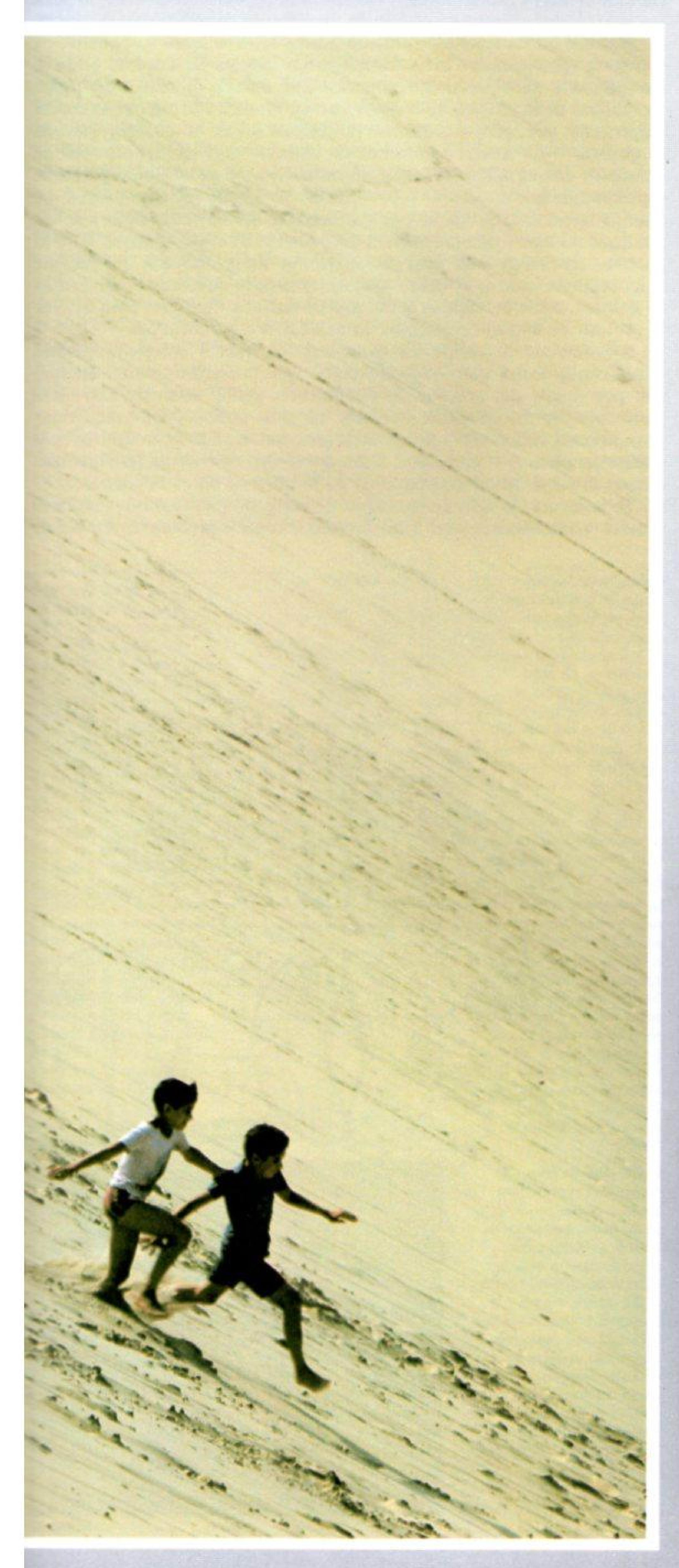
Impreso y encuadernado en Edigraf, Barcelona

Foto de cubierta: Multitud. Fotografía de Uniphoto

Sumario

Volumen II





Los ritmos de la energía

Todas las actividades que constituyen la vida, y que juntas forman los ritmos y los ciclos vitales requieren energía. La actividad animal es a menudo muy llamativa; no hay más que imaginar la carrera rítmica, de sinuosos movimientos musculares, de un leopardo que persigue a un impala, o el fatigoso batir de alas del quebrantahuesos que se eleva de un lago con una trucha retorciéndose en sus garras. Las actividades de las plantas son por lo general menos evidentes; a pesar de todo sigue habiendo patrones de actividad: desde el rápido recogerse de las hojas de la sensitiva mimosa al ser rozadas por la lengua de una cabra que ramonea, hasta la expansión gradual y ciega de los ápices radicales por el suelo, en busca de agua y sales minerales.

El cambio late dentro de los cuerpos de animales y plantas aunque de forma mucho más sutil y recóndita. Los alimentos se absorben; las células se dividen, crecen y cambian de función; se elaboran secreciones que son transportadas e incluso expulsadas del organismo; los nervios trasmiten las señales eléctricas. La organización interna de todo ser vivo es un auténtico hervidero de cambios microscópicos de mil formas diversas.

Los diferentes patrones de actividad se conectan por medio de vínculos muy variados. Entre los más importantes se cuentan los que se forjaron durante la evolución compartida de todas las formas de vida terrestres. Básicamente, todos los múltiples procesos vitales, desde la locomoción animal hasta el cambio molecular en el interior de las células, los tejidos y los órganos, requieren una fuente de energía externa. Siempre hay trabajo involucrado; se trata, por tanto, de acontecimientos y fenómenos que de ninguna manera se producirían sin la aplicación de energía.

Si se privara de comer a un animal durante el tiempo suficiente, al final no podría moverse, pues ya no le quedarían elementos nutritivos que quemar junto con el oxígeno en el proceso de la respiración, que es lo que proporciona la energía necesaria para el movimiento. De igual forma, si se mantiene a una planta verde en la oscuridad por un período suficiente, todas sus actividades acabarían paralizándose, pues la única fuente de energía importante para una planta es la radiación solar. Una planta puede tomar una serie de elementos químicos simples —dióxido de carbono, agua y sales minerales— y transformarlos, ayudada por el Sol, en las innumerables moléculas de vida, gracias al proceso de la fotosíntesis. Pero los animales han de obtener sus alimentos ya elaborados en forma de moléculas orgánicas complejas, tales como proteínas, azúcares y grasas, pues son incapaces de construirlas a partir de las moléculas inorgánicas del mundo inanimado.

En consecuencia la actividad puede revestir muchas formas diferentes, pero siempre se observa un vínculo básico con respecto a la energía exterior. El hecho de que los patrones de actividad presenten a menudo una organización cíclica o rítmica, es consecuencia de una serie de restricciones que operan sobre los seres vivos y sus ecosistemas, favoreciendo determinados procesos en detrimento de otros. Por ejemplo, resulta difícil concebir sistemas locomotores que no incluyan los rasgos físicos observables en toda carrera, vuelo o navegación.

El carácter rítmico de la locomoción surge desde el momento en que los actos no cíclicos son intrínsecamente cuestiones singulares. Al ser quemado, el combustible de un cohete produce movimiento; acabado el combustible, el movimiento se para hasta que el cohete se vuelve a llenar. Los animales y las plantas no pueden funcionar así; en vez de ello potencian su movimiento sirviéndose de patrones de acontecimientos repetitivos, susceptibles de mantenerse indefinidamente. De forma parecida las restricciones impuestas por la conservación de la materia implican un carácter cíclico en muchos de los procesos bioquímicos de la vida. Los ciclos bioquímicos nos proporcionan energía o moléculas nuevas muy útiles, pero a la vez generan algunas o muchas de sus materias primas, de modo que el sistema es al mismo tiempo cíclico y potencialmente inexhaustible.

LOS RITMOS DE LA ENERGIA. *Ritmos corporales de aporte energético*

Hace más de 4 evos, cuando el planeta Tierra estaba formándose, el oxígeno era prácticamente inexistente en nuestra atmósfera. Al comenzar a desarrollarse sobre la superficie terrestre las primeras formas de vida simples, probablemente hace tres o cuatro evos, la atmósfera seguía careciendo de este gas, tan vital hoy. La ausencia de oxígeno obligaba a todas las formas de vida primigenias a servirse de estrategias para la obtención de energía que nada tenían que ver con la combustión de los alimentos mediante el oxígeno. En consecuencia, el movimiento cíclico de los elementos, desde la atmósfera hasta los seres vivos y de vuelta a la atmósfera, era muy diferente al actual.

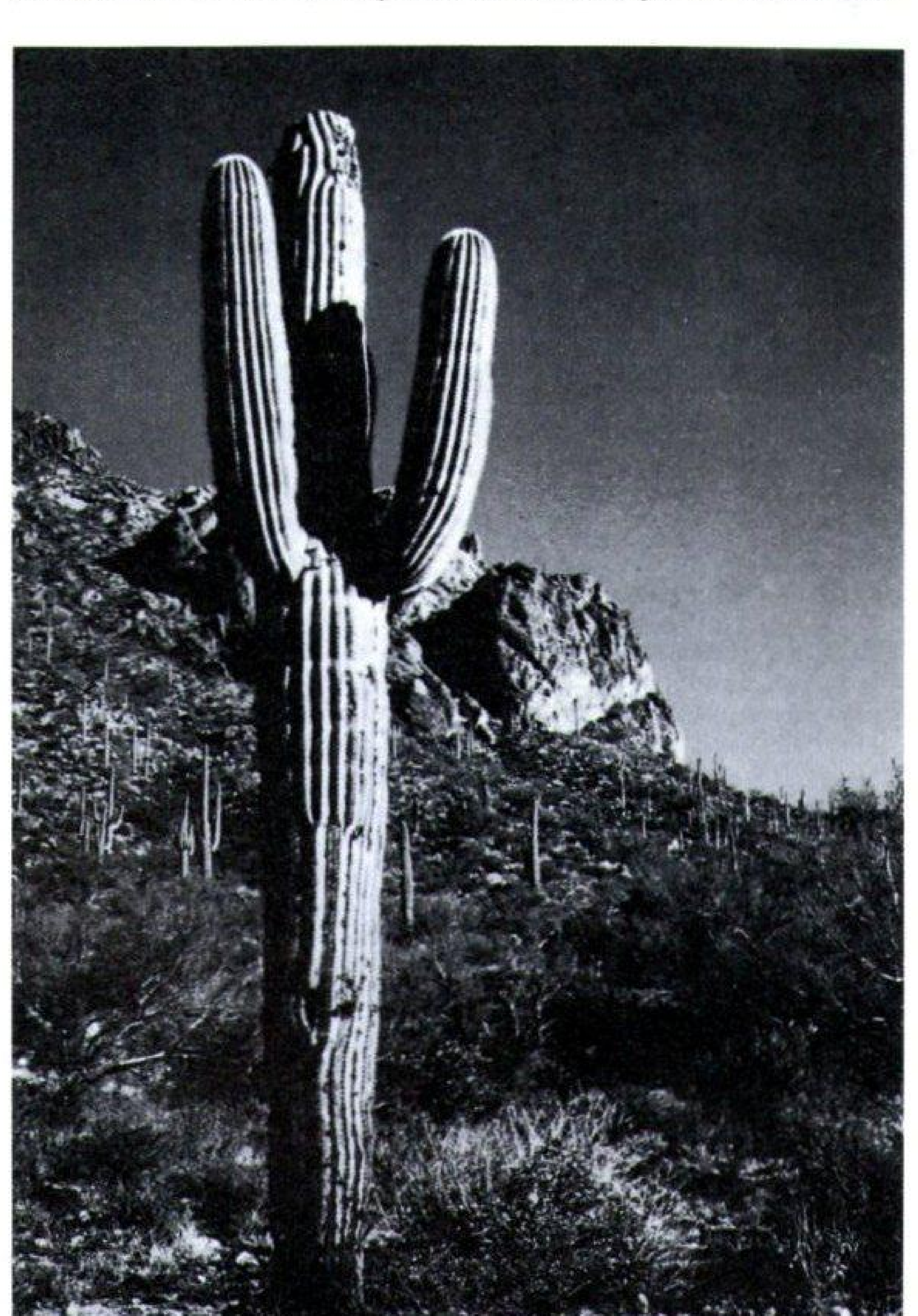
La aparición de las plantas verdes y el consiguiente proceso de la fotosíntesis en la brumosa prehistoria del precámbrico, hace más de 600 millones de años, supuso un bandazo descomunal en la evolución orgánica de la vida en la Tierra. Las primeras algas unicelulares verdeazuladas transformaron el mundo. Al poseer tales organismos el pigmento verde de la clorofila podían asimilar el dióxido de carbono de la atmósfera, y sirviéndose de la luz solar como fuente de energía y del agua como proveedora de átomos de hidrógeno (el agua consta de oxígeno e hidrógeno), podían fabricar oxígeno gaseoso.

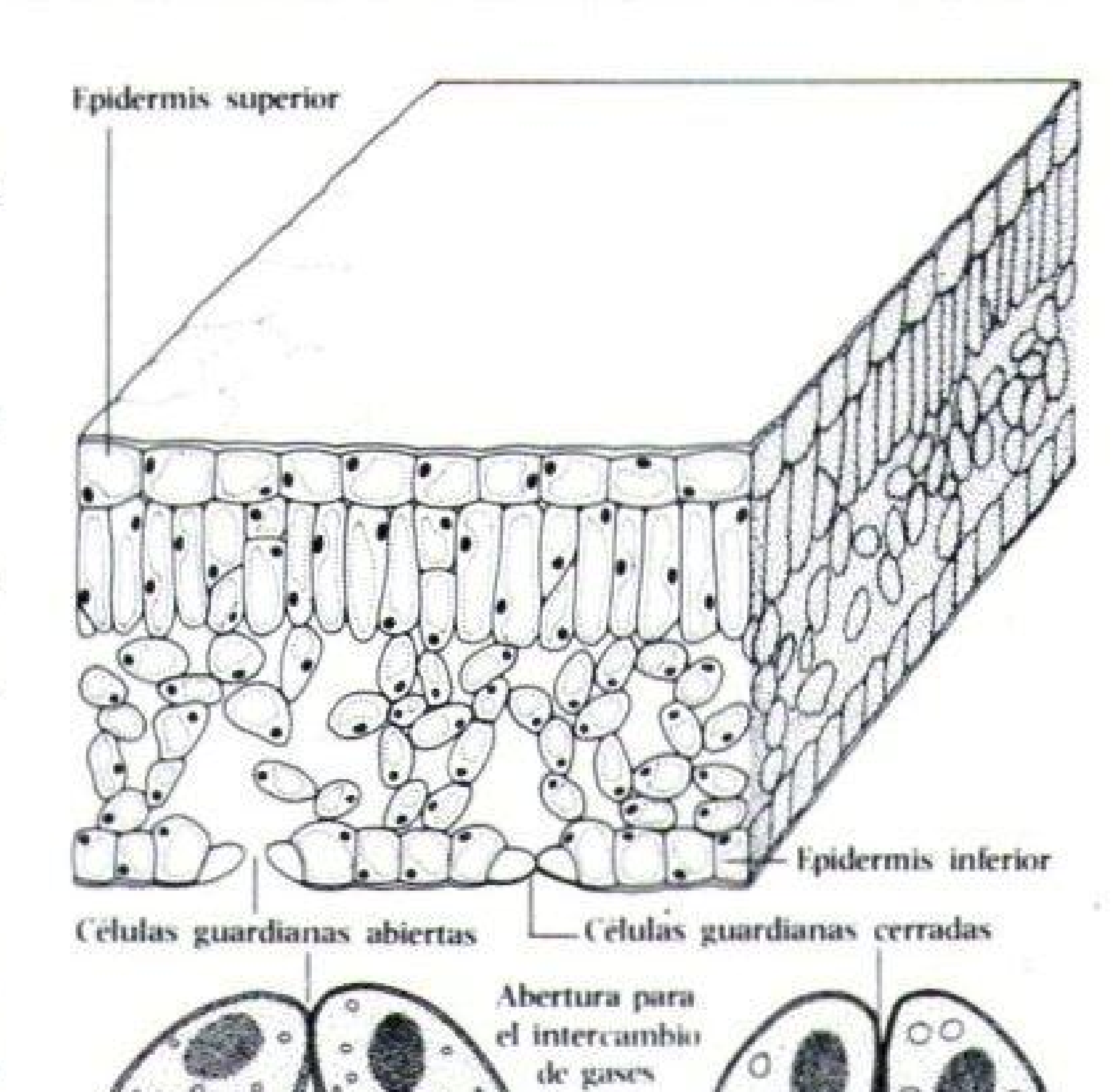
El oxígeno que cambió el mundo, el que oxidó los minerales de la corteza terrestre y alteró de modo tan drástico la atmósfera y la vida en ella alojada, fue simplemente un desecho de la actividad vegetal. Para empezar, este oxígeno no les servía a las plantas para nada. Las algas verdeazuladas usaban la clorofila y el proceso de la fotosíntesis para producir moléculas orgánicas, como la glucosa. Sin embargo, el desecho contaminante de este truco químico se convirtió por las buenas en el generador del progreso biológico. Abrió las puertas a todo un nuevo ciclo de cambios moleculares, y posibilitó la producción de energía para las actividades vitales por medio de un sistema completamente nuevo.

Si se toma una tableta de glucosa pura y se la calienta suspendida en el aire a temperaturas extraordinarias de cientos de grados, acabará quemándose, para producir exclusivamente dióxido de carbono y agua. La materia de la glucosa se conserva en su totalidad al quemarse con el oxígeno del aire, pero sus átomos difieren de los de la configuración de la glucosa —un anillo de átomos de carbono que incluye átomos de oxígeno y de hidrógeno—; la transformación acarrea una configuración representada por moléculas separadas de dióxido de carbono y agua. La energía térmica desprendida por el proceso se deriva de la ruptura de las ataduras químicas que mantienen unida la molécula de glucosa. Pero la glucosa no libera esta energía de unión así como así. El enorme calentamiento que se necesitó inicialmente para quemar las moléculas de glucosa, estables, supuso la energía de entrada necesaria para activar el proceso de aporte de oxígeno, la oxidación o combustión.

Los cuerpos de todos los animales, plantas y microorganismos contienen glucosa, pero es inconcebible que pudieran obtener energía útil por medio del proceso de combustión arriba descrito. Ello sería imposible por dos motivos: primero, las altas temperaturas requeridas para la combustión espontánea de la glucosa en el oxígeno destruyen a animales, plantas y microbios; segundo, el tipo de energía proporcionada por la combustión incontrolada de la glucosa no es el adecuado.

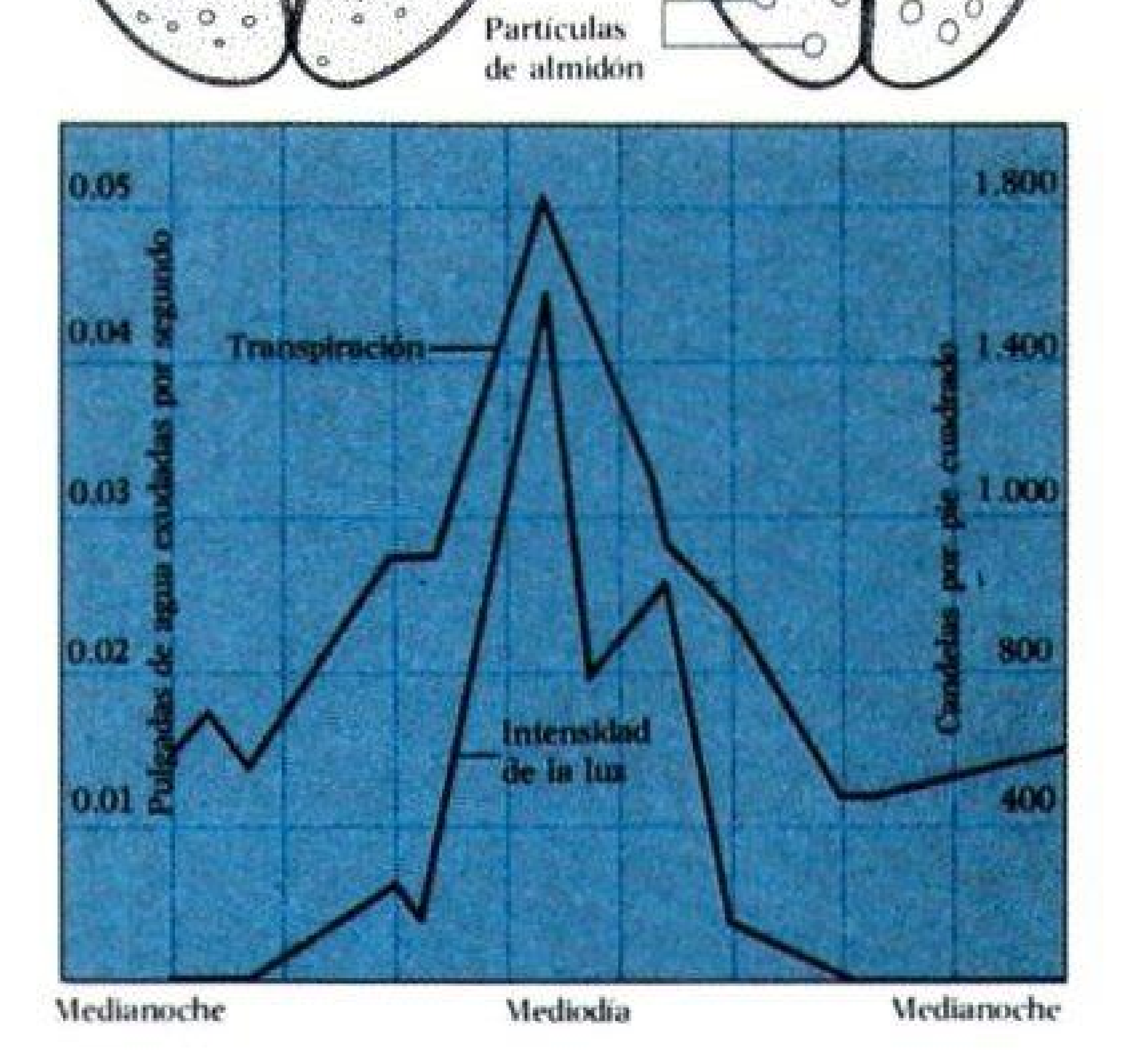
Toda forma de vida que se sirva del oxígeno (organismos aerobios) emplea una sutil maniobra para superar estos dos problemas. En vez de





Cada una de las hojas verdes de cualquier planta contiene células portadoras de clorofila que se sirven de la energía solar para la fotosíntesis. En estas células se combina el dióxido de carbono del aire con el agua extraída del suelo por las raíces para producir azúcar y oxígeno. En el envés de la hoja hay un estrato esponjoso, la superficie de transpiración, a través de cuyos poros la hoja elimina el vapor de agua.

La apertura y el cierre de cada poro está controlado por la presión del agua en el interior de las «células guardianas» que lo rodean. De día, como las células producen glúcidos, penetra más agua en las células guardianas que se hinchan y se abren. De noche el azúcar se transforma en almidón, la presión disminuye y el poro se cierra.



Los niveles de luz y transpiración presentan idéntico ritmo, con apogeo al mediodía. Los poros de la hoja se abren para expulsar agua y absorber dióxido de carbono cuando el Sol da energía para la fotosíntesis. Los cactus han invertido este ritmo para almacenar agua en el desierto: de noche se les abren los poros para admitir el dióxido de carbono; de día, con los poros cerrados, utilizan el dióxido de carbono almacenado para la fotosíntesis.

quemar la glucosa directamente para producir dióxido de carbono y agua, el proceso se constituye en una secuencia de diminutos pasos químicos, controlado cada uno de ellos por enzimas específicas. Estas enzimas, o catalizadores biológicos, funcionan de modo tal que la glucosa puede descomponerse a temperaturas fisiológicamente inofensivas, entre los 5 °C y los 40 °C. La combustión de la glucosa que, regulada por las enzimas, sólo se produce en el interior de las células de los organismos, se conoce como respiración interna. La respiración externa supone actividades que, como los movimientos rítmicos de la respiración humana, introducen el oxígeno en el cuerpo del animal.

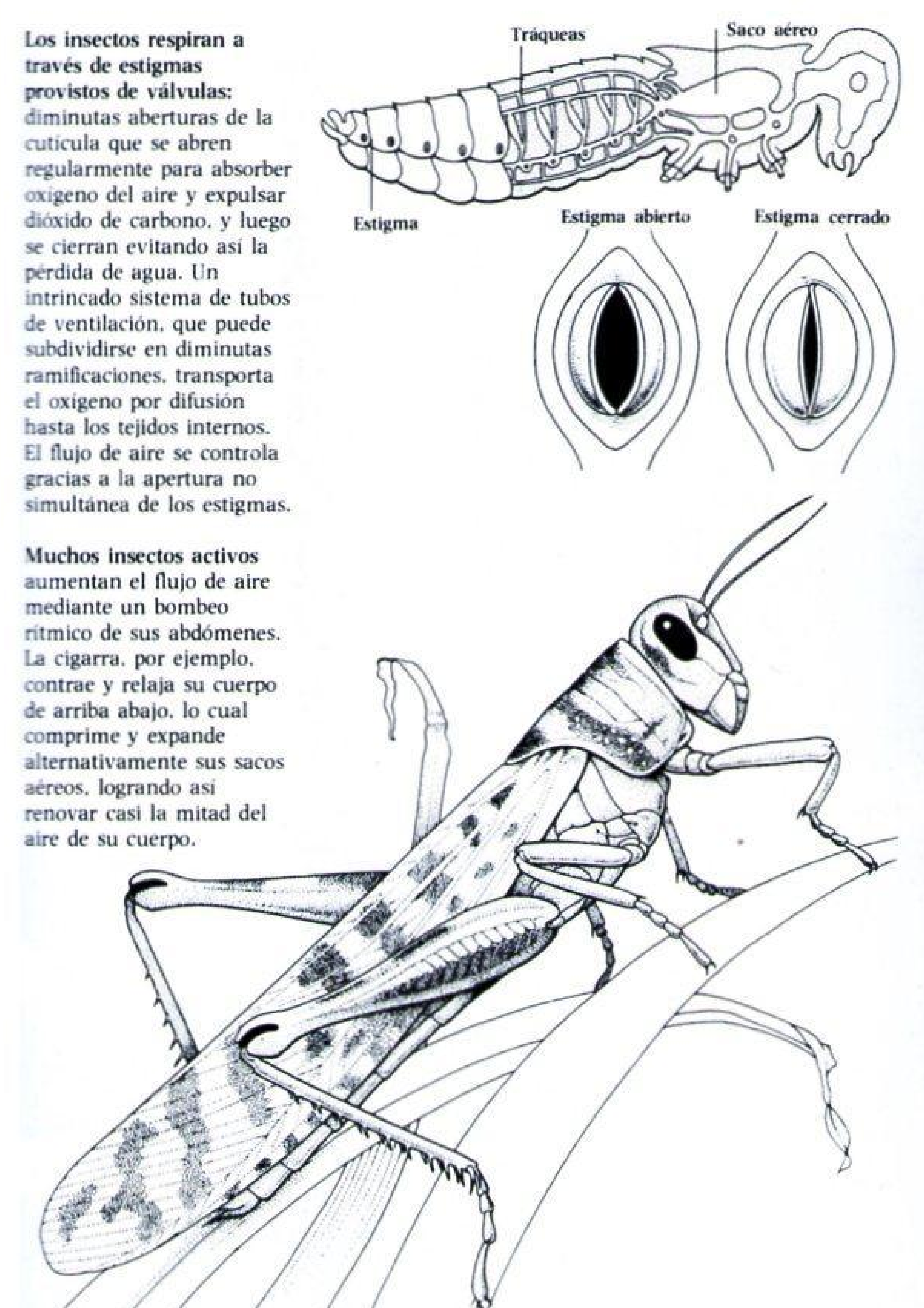
Además de producirse a temperaturas no letales, la respiración interna proporciona a los seres vivos una energía utilizable. Se trata de una fuente de energía totalmente insospechada: una molécula orgánica compleja de adenosintrifosfato (ATP), que contiene tres grupos químicos unidos entre sí, todos los cuales contienen fósforo. El ATP constituye el depósito que asegura la circulación de la energía por las células, y prácticamente dirige toda actividad celular o corporal. Durante el proceso de la respiración interna se producen grandes cantidades de ATP, pues al quemarse una molécula de glucosa con el oxígeno, descomponiéndose, origina 38 moléculas de ATP.

Sin los desechos de oxígeno de las algas verdeazuladas primigenias, la estrategia de captación de energía de los organismos modernos y de sus incontables antepasados hubiera sido imposible. La concentración de oxígeno de la atmósfera ha aumentado lentamente desde entonces, representando ahora un 20% de la envoltura gaseosa de nuestro planeta —cantidad fabulosa de gas, todo él generado por seres vivos. Una vez que animales y plantas se hubieron adaptado bioquímicamente a las inmensas posibilidades respiratorias inherentes a una atmósfera rica en oxígeno, los pasos siguientes se orientaron hacia el perfeccionamiento del proceso mediante el que los gases atmosféricos son transferidos a las células que lo necesitan. Las células vegetales necesitan dióxido de carbono y oxígeno, mientras que la mayoría de los animales requieren sólo oxígeno.

Las plantas verdes, sobre todo las plantas superiores más grandes y complejas, como los helechos, las coníferas y toda la inmensa variedad de las fanerógamas, desde las herbáceas hasta los árboles, han desarrollado una amplia gama de estructuras y procesos cíclicos concebidos para extraer el dióxido de carbono y el oxígeno de la atmósfera, y suministrarlo a las células internas para el esencial proceso de la fotosíntesis y de la respiración interna.

Toda una serie de animales, tanto acuáticos como terrestres, han desarrollado estructuras para extraer el oxígeno de la atmósfera para la respiración interna. Tales estructuras se basan en el principio de que a mayor área de superficie a través de la cual se puede difundir el oxígeno, tanto más oxígeno puede obtenerse. Las superficies típicas de los animales acuáticos son las branquias, mientras que los terrestres se sirven de pulmones. Los animales de todo tipo presentan también una compleja variedad de métodos de ventilación de tales superficies en el proceso de la respiración externa, mediante agua rica en oxígeno o aire.

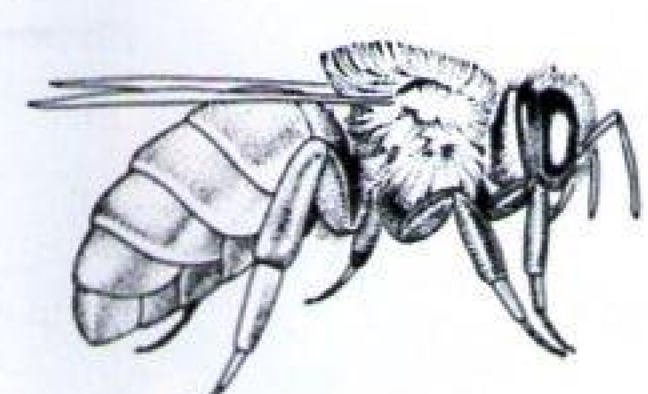
Casi siempre los mecanismos de ventilación que emplean los animales para oxigenar los tejidos que los necesitan en la respiración interna son de naturaleza cíclica. Superficialmente no parece haber

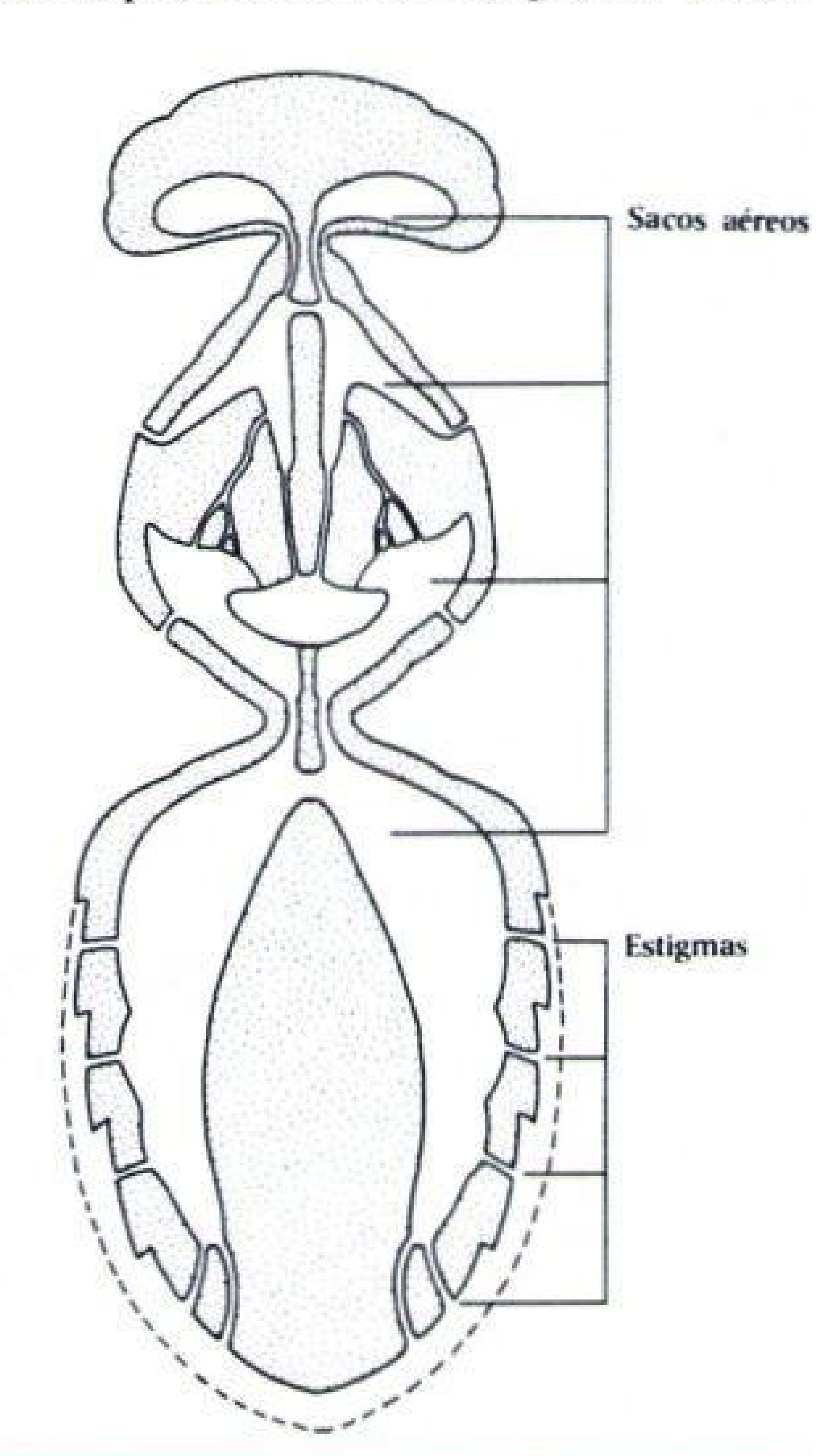


Los insectos respiran a través de estigmas provistos de válvulas: diminutas aberturas de la cutícula que se abren regularmente para absorber oxígeno del aire y expulsar dióxido de carbono, y luego se cierran evitando así la pérdida de agua. Un intrincado sistema de tubos de ventilación, que puede subdividirse en diminutas ramificaciones, transporta el oxígeno por difusión hasta los tejidos internos. El flujo de aire se controla gracias a la apertura no simultánea de los estigmas.

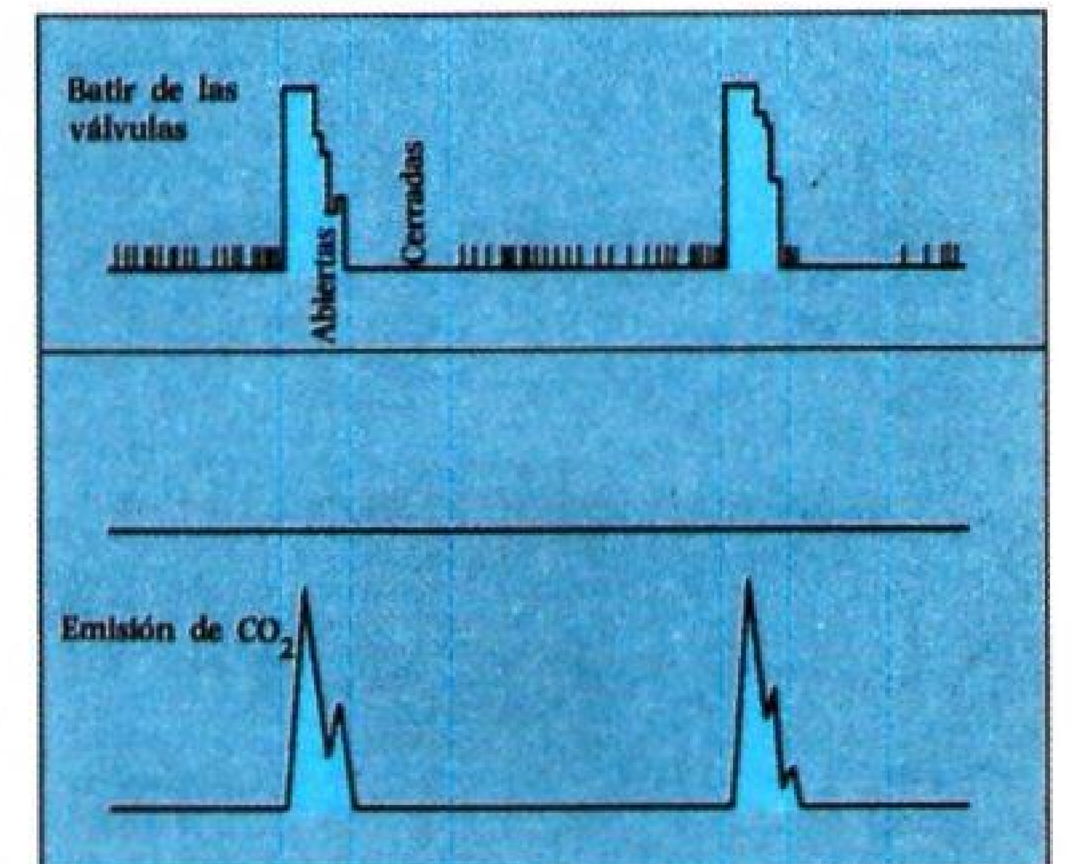
Muchos insectos activos aumentan el flujo de aire mediante un bombeo rítmico de sus abdómenes. La cigarra, por ejemplo, contrae y relaja su cuerpo de arriba abajo, lo cual comprime y expande alternativamente sus sacos aéreos, logrando así renovar casi la mitad del aire de su cuerpo.

La abeja ventila su cuerpo encogiendo y estirando como un acordeón su abdomen lleno de aire, de manera sincronizada con los movimientos de los estigmas. La inspiración dura 250 milésimas de segundo, tiempo en que los estigmas torácicos están abiertos 25 milésimas de segundo. A continuación se cierran durante un segundo, para volver a abrirse durante 300 milésimas de segundo en la espiración, que dura un segundo.





Para evitar una excesiva pérdida de agua en climas calientes y secos, los insectos mantienen cerrados los estigmas durante largos periodos, y sólo los abren para expulsar velozmente el dióxido de carbono. Antes y después de cada apertura, las válvulas de los estigmas baten. La frecuencia de esta respiración cíclica depende en gran medida de la temperatura ambiente y de la velocidad del metabolismo del insecto.



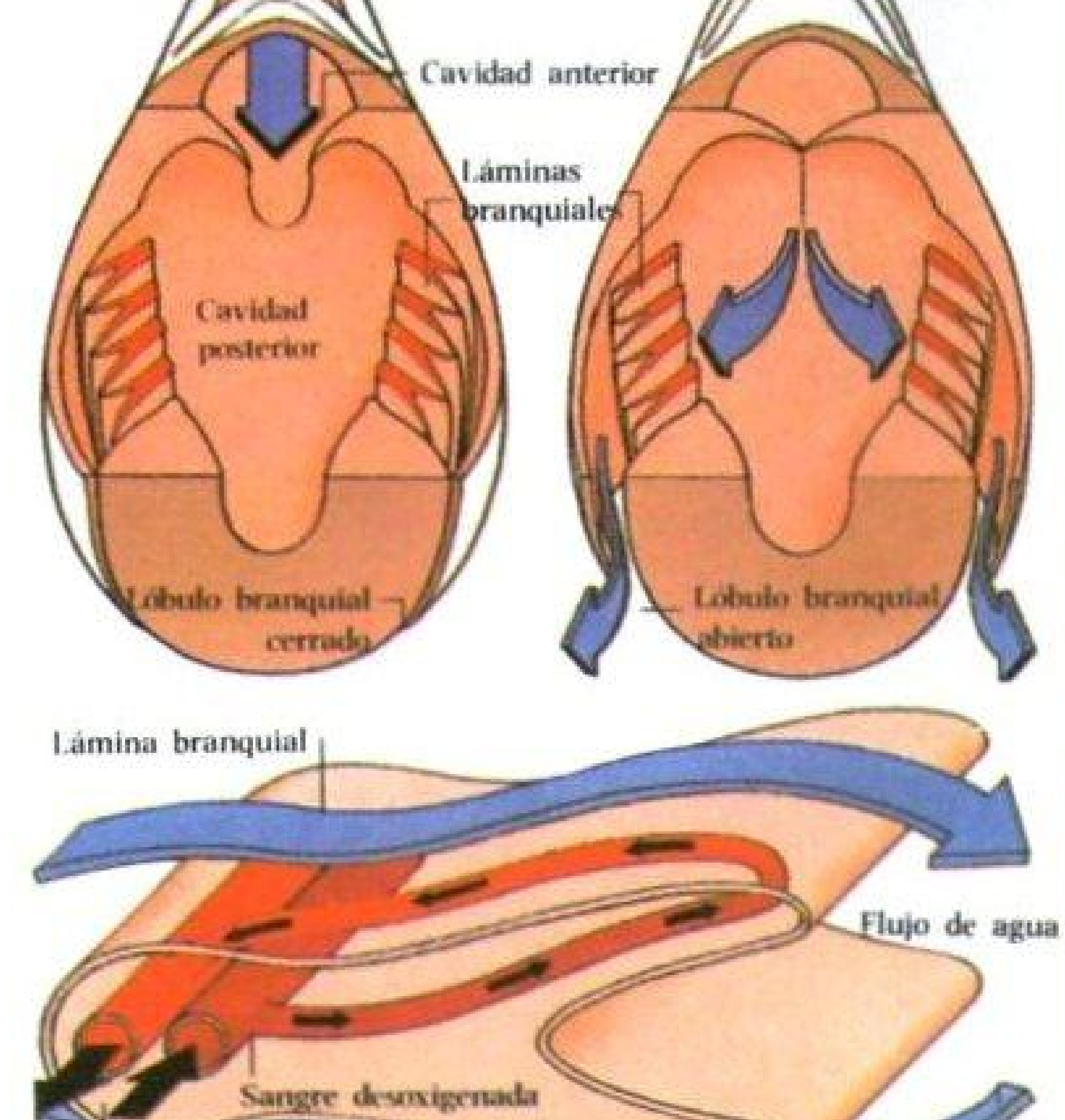
razones intrínsecas que determinen el uso de tales métodos de bombeo discontinuo, pues es perfectamente posible construir sistemas de flujo continuo, que resultarían igual de eficaces en cuanto a proporcionar una buena ventilación a los pulmones o a las branquias. El material básico para producir el movimiento, ya sea del aire o del agua, son los músculos. Los músculos corporales son instrumentos intrínsecamente cíclicos: se contraen y al hacerlo pueden ejecutar un esfuerzo: ésta es la primera fase del ciclo. Para que suceda algo más el músculo ha de relajarse a continuación, y, tras estirarse, volver a su longitud de reposo; este alargamiento constituye la segunda fase del ciclo. Este ciclo bifásico se puede activar indefinidamente, pero su propia naturaleza cíclica implicará que cualquier sistema de ventilación que haya de ser impulsado por músculos animales resultará, probablemente, cíclico y rítmico.

Las criaturas más pequeñas del reino animal no tienen por qué preocuparse de la respiración externa activa. Los animales acuáticos que no midan más de unos 6 mm. pueden proveerse de oxígeno por difusión hasta el centro mismo de sus diminutos cuerpos. Este proceso no requiere fuente alguna de energía, pues es alimentado por los movimientos fortuitos de las moléculas a temperaturas superiores a 0 °C. El proceso es el siguiente: un animal diminuto que viva en agua que contenga oxígeno disuelto presenta niveles interiores de oxígeno en sus tejidos acuíferos que son prácticamente iguales a los del agua circundante. En cuanto la criatura utiliza parte del oxígeno interno en el proceso de combustión de la glucosa para fabricar ATP, se produce una nueva situación, en la que la concentración de oxígeno del exterior es mayor que la del interior. Automáticamente, los movimientos fortuitos de las moléculas de oxígeno del agua actúan para remediar este desequilibrio, y el oxígeno penetra en el animal.

El problema de la difusión, en lo que a los animales se refiere, es que sólo resulta eficaz sobre pequeñas distancias: de ahí que este sistema imponga un límite de tamaño a los animales que dependan de él para obtener ese gas vital para el metabolismo. A no ser que puedan arreglárselas para reducir la distancia de transporte a los tejidos de modo que la difusión resulte eficaz, todos los animales han de complementar este mecanismo con movimientos a gran escala de masas de aire o de agua, alimentados generalmente por los músculos.

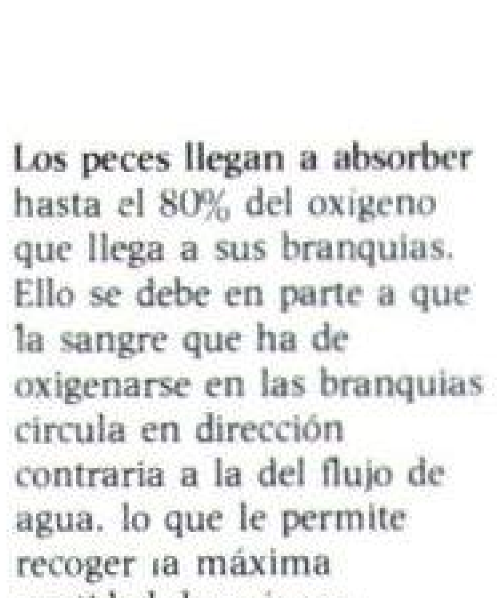
Los peces son animales que respiran en el agua, es decir, que obtienen el oxígeno del agua. Esto supone algunos problemas, y no sólo porque el agua es unas 1.000 veces más densa que el aire, lo que implica que hay que usar mayor potencia muscular para bombearla que la que se necesita para el aire. De hecho los peces extraen el oxígeno de forma muy eficiente. Sirviéndose de un sistema de flujo unidireccional sobre las branquias, alimentado por bombas musculares a niveles múltiples en la boca y en la garganta (faringe), con unas branquias de elegante diseño, y con sutiles dispositivos contracorriente para transportar el oxígeno del agua a la sangre del interior de las branquias, son capaces de extraer el oxígeno del agua mucho más eficazmente que el hombre el del aire. Algunos peces pueden extraer el 80 por 100 del oxígeno del agua, mientras que el hombre toma sólo un 25 por 100 del oxígeno del aire que respira.

Si se premiase un diseño de superficies de respiración, las partes que

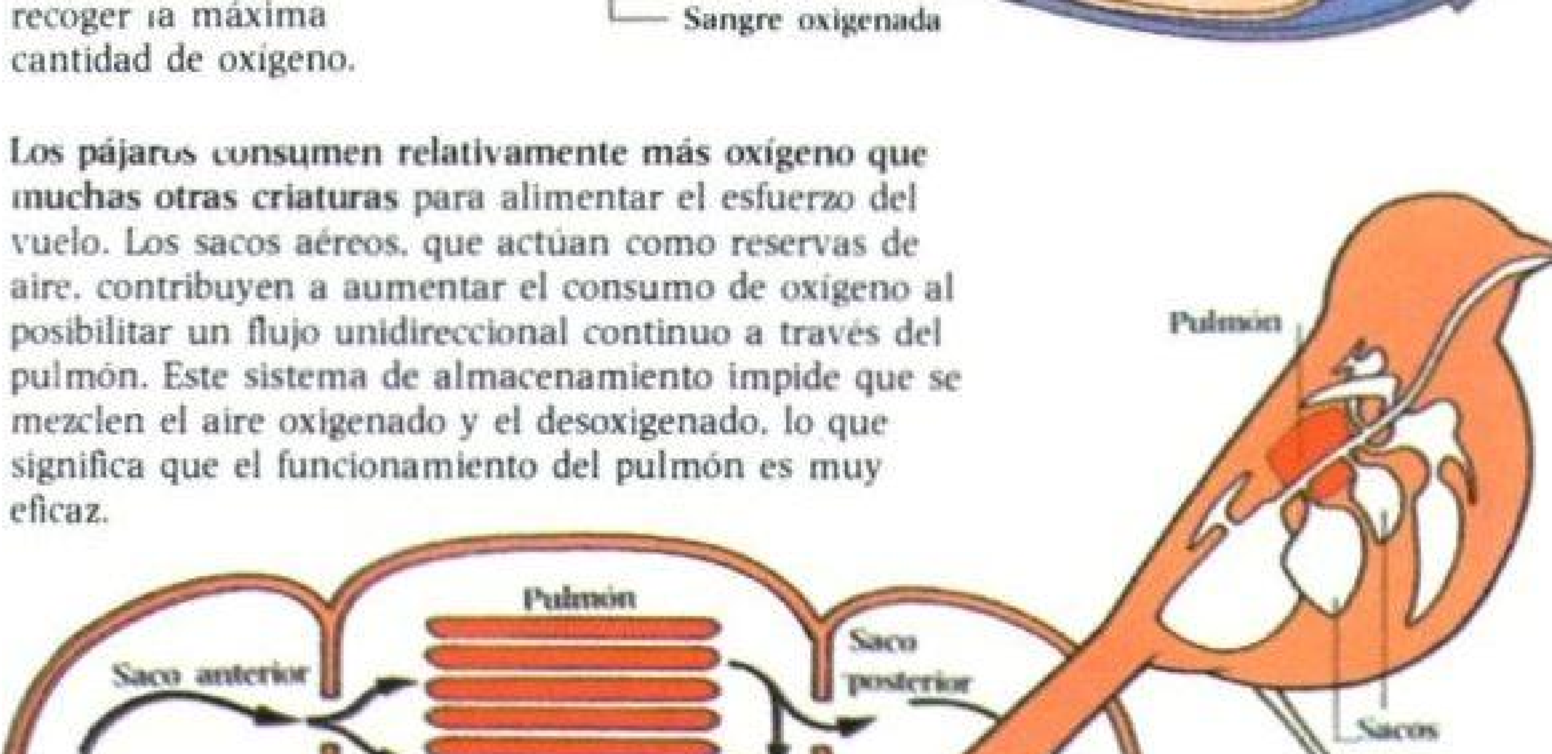




Los músculos que rodean la boca y los de la cavidad bucal de los peces óseos sirven para proporcionar una inspiración por bombeo muscular, que envía una corriente continua de agua sobre la superficie respiratoria de las branquias. Los movimientos de las cavidades anterior y posterior están un poco desfasados entre sí, lo que asegura un flujo continuo.

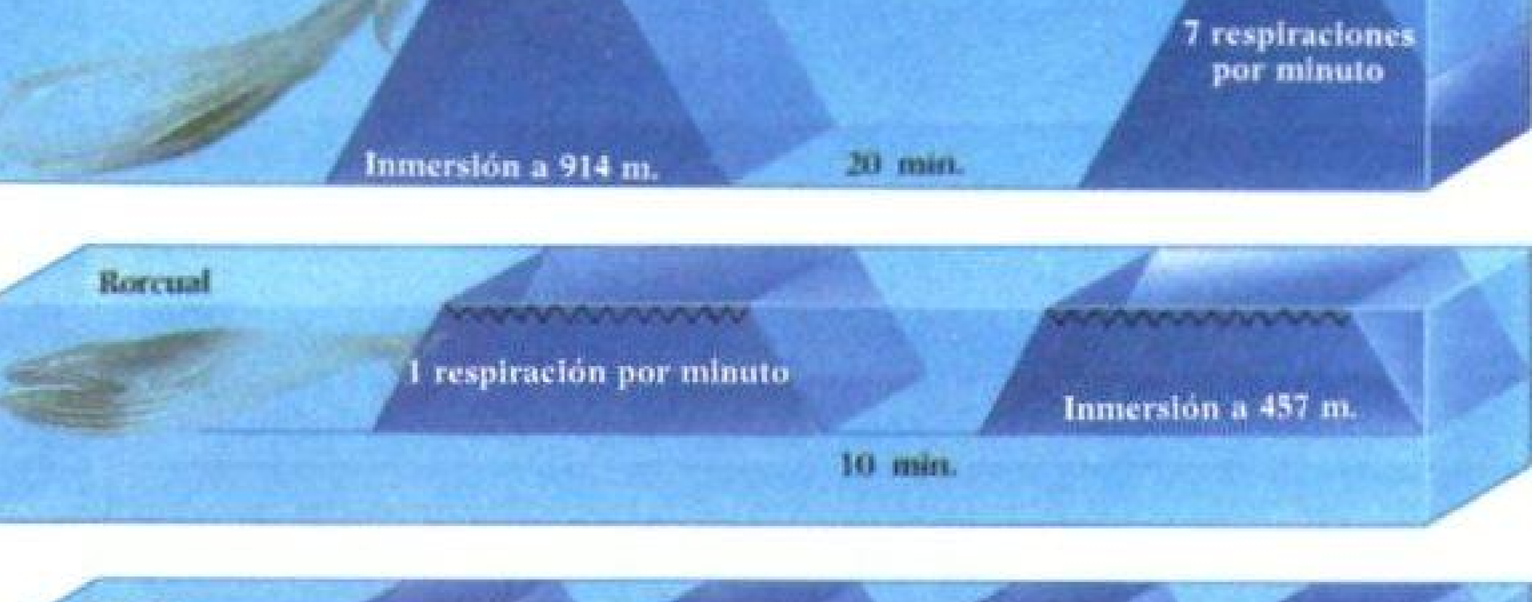


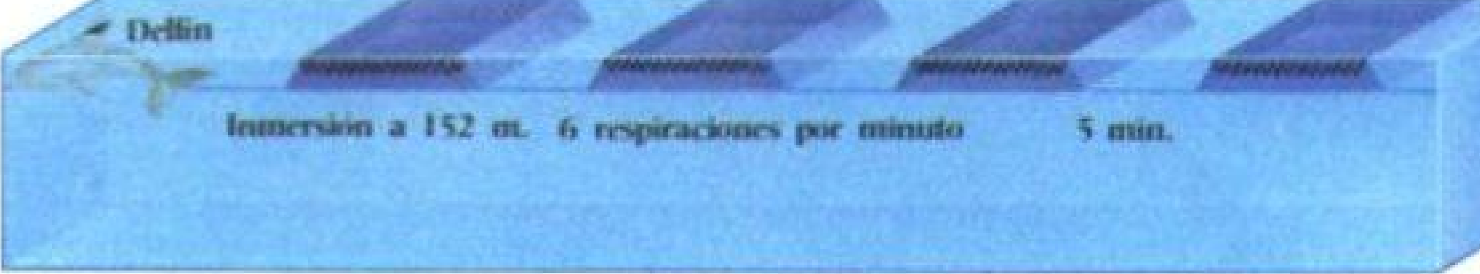
Los peces llegan a absorber hasta el 80% del oxígeno que llega a sus branquias. Ello se debe en parte a que la sangre que ha de oxigenarse en las branquias circula en dirección contraria a la del flujo de agua, lo que le permite recoger la máxima cantidad de oxígeno.



Los pájaros consumen relativamente más oxígeno que muchas otras criaturas para alimentar el esfuerzo del vuelo. Los sacos aéreos, que actúan como reservas de aire, contribuyen a aumentar el consumo de oxígeno al posibilitar un flujo unidireccional continuo a través del pulmón. Este sistema de almacenamiento impide que se mezclen el aire oxigenado y el desoxigenado, lo que significa que el funcionamiento del pulmón es muy eficaz.







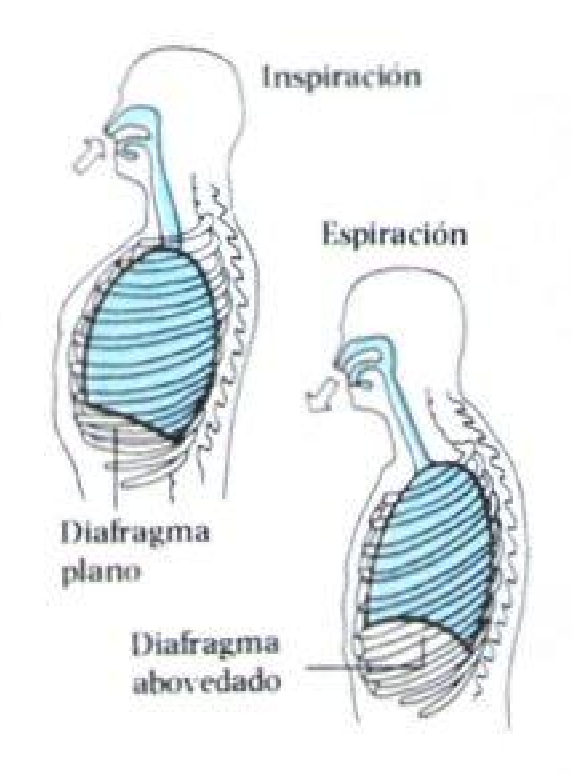
de hecho absorben el oxígeno (y que a la vez expulsan el dióxido de carbono), el galardón sería para las que concentran la mayor área en el menor volumen: la absorción es un fenómeno de superficie —cuanta más superficie se apiñe en una branquia tanto mejor funcionará. Las grandes superficies interiores de los pulmones de los anfibios, reptiles y mamíferos se ventilan por medio de inhalaciones sucesivas de aire. Este es aspirado mediante potencia muscular hasta una bolsa respiratoria muy subdividida, el pulmón, que luego se vacía parcialmente de aire durante la espiración. Este ciclo de inspiración-espiración es una de las razones que impiden a los vertebrados terrestres alcanzar los resultados de los peces en lo referido a la extracción de oxígeno. El dispositivo de flujo unidireccional de las branquias de los peces es intrínsecamente más eficaz que nuestras «bolsas respiratorias», pues las agallas están sumergidas constantemente en agua rica en oxígeno, mientras que las superficies interiores de nuestros pulmones sólo gozan de abundante oxígeno durante una de las fases del ciclo de la respiración. Al espirar, los alveolos, las subdivisiones terminales microscópicas de los pulmones que caracterizan la gran superficie de absorción del oxígeno, se hallan expuestos a un gas relativamente bajo en oxígeno.

Los ritmos de ventilación de la respiración externa sólo pueden introducir el oxígeno hasta la superficie respiratoria. El oxígeno se expande sobre esta superficie por el proceso de difusión, lo mismo que ocurre dentro del animal, pero queda todavía un largo trecho hasta los tejidos que requieren urgentemente dicho oxígeno para la respiración interna y para generar energía.

Los grandes animales pluricelulares han de contar con un sistema de transporte del oxígeno por el cuerpo que sirva a la vez para otras mil sustancias, elementos nutritivos, hormonas, etc. El problema es análogo al de un sistema de calefacción central: para calentar una casa no basta con tener una caldera que queme combustible y produzca calor utilizable: ésta ha de estar conectada a un sistema circulatorio de tuberías que trasmitan el calor de la caldera a cada uno de los radiadores de las habitaciones. El equivalente biológico del sistema de conducción de calor lo constituyen, en los vertebrados, los vasos sanguíneos, y en muchos invertebrados, los espacios corporales rellenos del fluido de la hemolinfa. Estos vasos recogen el oxígeno de branquias o pulmones y lo transportan por el cuerpo. Las derivaciones finales de este sistema de capilares se ramifican tan densamente por los tejidos que apenas existen células en el cuerpo humano que queden alejadas de estos capilares y de la sangre en ellos contenida.

Siguiendo con la analogía, la sangre constituye el fluido activo del cuerpo equivalente al agua de las cañerías y los radiadores. La sangre del aparato respiratorio de los anfibios, reptiles, pájaros y mamíferos puede transportar oxígeno de dos maneras diferentes. En el más sencillo de los dos sistemas el oxígeno es disuelto en el fluido acuoso base de la sangre o plasma. Al igual que el agua de mar, lluvia, un lago o río, la sangre puede disolver una cierta cantidad de oxígeno gaseoso. Esto es lo que emerge cual burbujas al calentar el agua.

Disolver simplemente el oxígeno en el agua no es un método particularmente eficaz de proveerse de dicho gas para los vertebrados activos, cuya necesidad de oxígeno es realmente grande. Esta es la razón por la que la sangre de la mayoría de los vertebrados contiene



La respiración, respira para vivir, como lo demuestra Dizzy Gillespie, *derecha.* Al ser absorbido el aire hasta los pulmones se ensancha la caja torácica, en parte gracias al aplanamiento del diafragma. La espiración es un proceso pasivo. La caja torácica se hunde, el aire es extraído de los pulmones y el diafragma se relaja.

Las ballenas y los delfines, tras una larga inmersión exhalan un espectacular chorro de aire comprimido, a través de un orificio nasal. La capacidad de estos mamíferos para almacenar en los músculos el 40% del oxígeno absorbido, y de renovar el 90% del aire de sus pulmones con cada inspiración, les permite reducir el número de respiraciones. Cada especie tiene su propio ritmo respiratorio: el gran cachalote respira sólo 7 veces por minuto tras una inmersión profunda, *izquierda.*

moléculas pigmentadas que se combinan inmediatamente con el oxígeno. El pigmento más corriente es la hemoglobina, una molécula orgánica compleja que consta de una proteína, la globulina, unida a un anillo de átomos que encierra un único átomo de hierro. El color rojo de la hemoglobina es lo que confiere a la sangre su característico tono rojo.

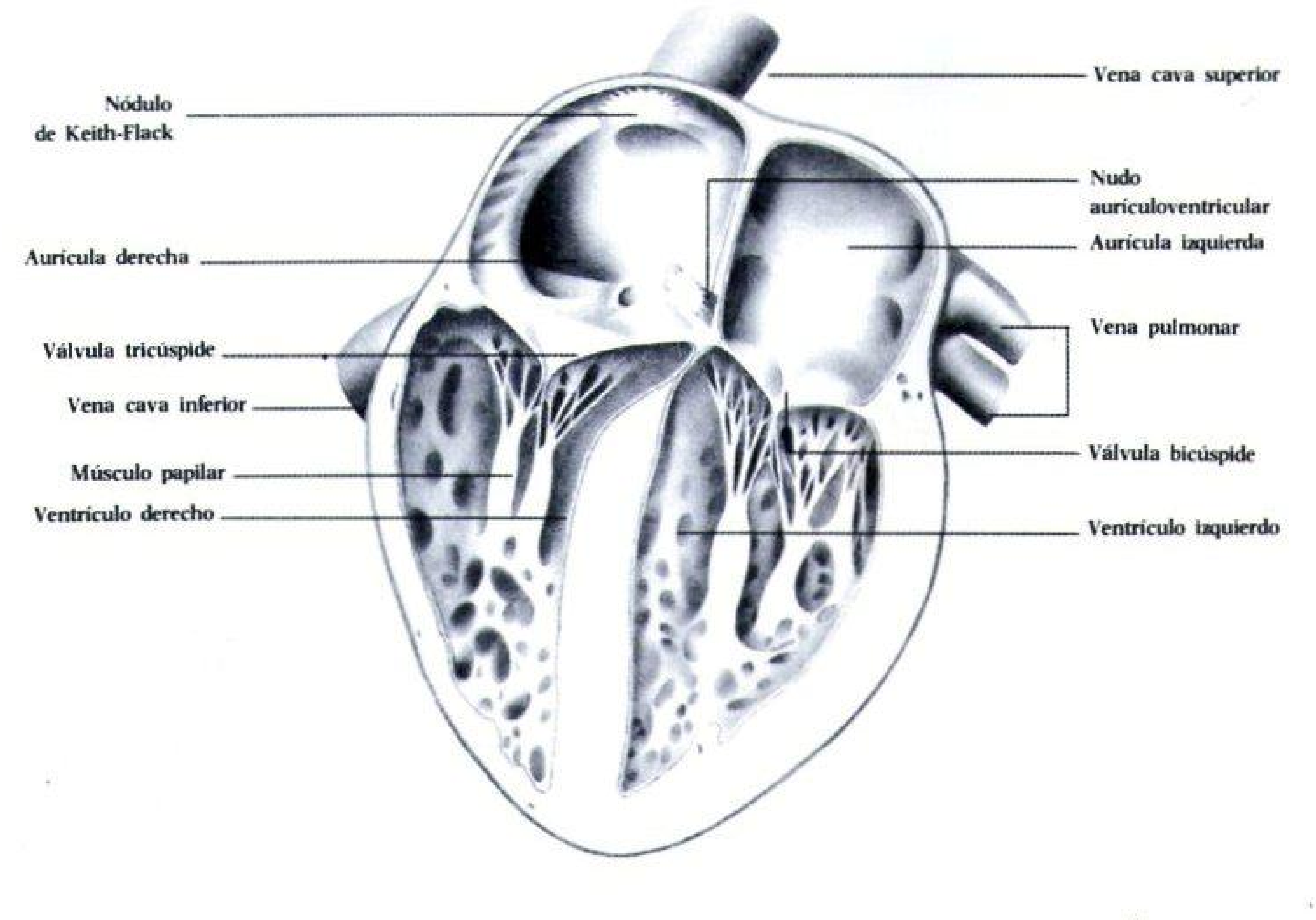
El pigmento de la hemoglobina es extraordinariamente útil, pues posee una portentosa capacidad para combinarse con el oxígeno y producir una nueva estructura molecular, la oxihemoglobina. Esta se forma con enorme rapidez cuando la hemoglobina se halla en una situación de alta concentración de oxígeno, como ocurre en los pulmones de los mamíferos o en las branquias de los peces. La sangre de los vasos más cercanos a las superficies respiratorias de branquias y pulmones absorbe el oxígeno, e inmediatamente elabora oxihemoglobina. En los tejidos en que los niveles de oxígeno sean bajos, el oxígeno contenido en la oxihemoglobina se desprende, y se introduce en las células de los tejidos para ser usado en la producción de energía.

Todo aparato circulatorio, como toda calefacción central, ha de contar con un mecanismo de bombeo que mantenga el flujo por la red cerrada de conductos del sistema. La bomba del sistema sanguíneo es el corazón, cuya actividad pone de manifiesto algunos de los aspectos rítmicos más claros de la fisiología corporal. ¿Hay acaso algo más claramente cíclico y rítmico que el latir de un corazón?

Todos los corazones son esencialmente parecidos en cuanto a la estructura: un trozo de arteria que se engrosa debido a la presencia de músculos extra en las paredes. El espacio interior de esta sección muscular del conducto está separada funcionalmente del resto del aparato circulatorio por medio de válvulas, pliegues membranosos que permiten el flujo en la dirección adecuada, pero limitan o impiden cualquier retroceso. Al contraerse la pared muscular, la sangre encerrada en esta zona se ve obligada a circular y salir por la válvula de salida ahora abierta. A continuación la válvula se cierra, la pared se relaja y de nuevo la sangre es absorbida hasta el interior del corazón a través de la válvula de entrada, volviéndose a la situación inicial, a la espera de una nueva contracción o latido. La sangre sólo puede fluir en una dirección durante esta secuencia bifásica debido a la presencia de las válvulas —sin ellas el sistema no produciría una circulación perfecta.

Sin embargo, ni siquiera el mecanismo de bombeo más sencillo puede por sí solo empujar la sangre por todo su largo trayecto circular. La sangre de un pez recorre un único circuito ininterrumpido desde el corazón, pasando por las branquias para oxigenarse y de ahí al resto de las partes del cuerpo, antes de regresar al corazón. Durante el trayecto, la corriente sanguínea se ve asistida por los músculos de las paredes de los vasos que la contienen, y por otros músculos anexos, que al contraerse contribuyen a impeler la sangre por presión.

En un mamífero como el hombre lo normal es una bomba más sofisticada, de cuatro cavidades. A su vez los pulmones y las otras partes del cuerpo tienen, cada una, una bomba propia de dos cavidades. El lado derecho del corazón envía la sangre a través de los pulmones para que se oxigene y se libere de los desechos de dióxido de carbono; a continuación esta sangre renovada pasa al lado izquierdo del corazón, desde donde se propaga al resto del cuerpo. La sangre recién salida de los pulmones, rica en oxihemoglobina, es de un color rojo cereza; la que



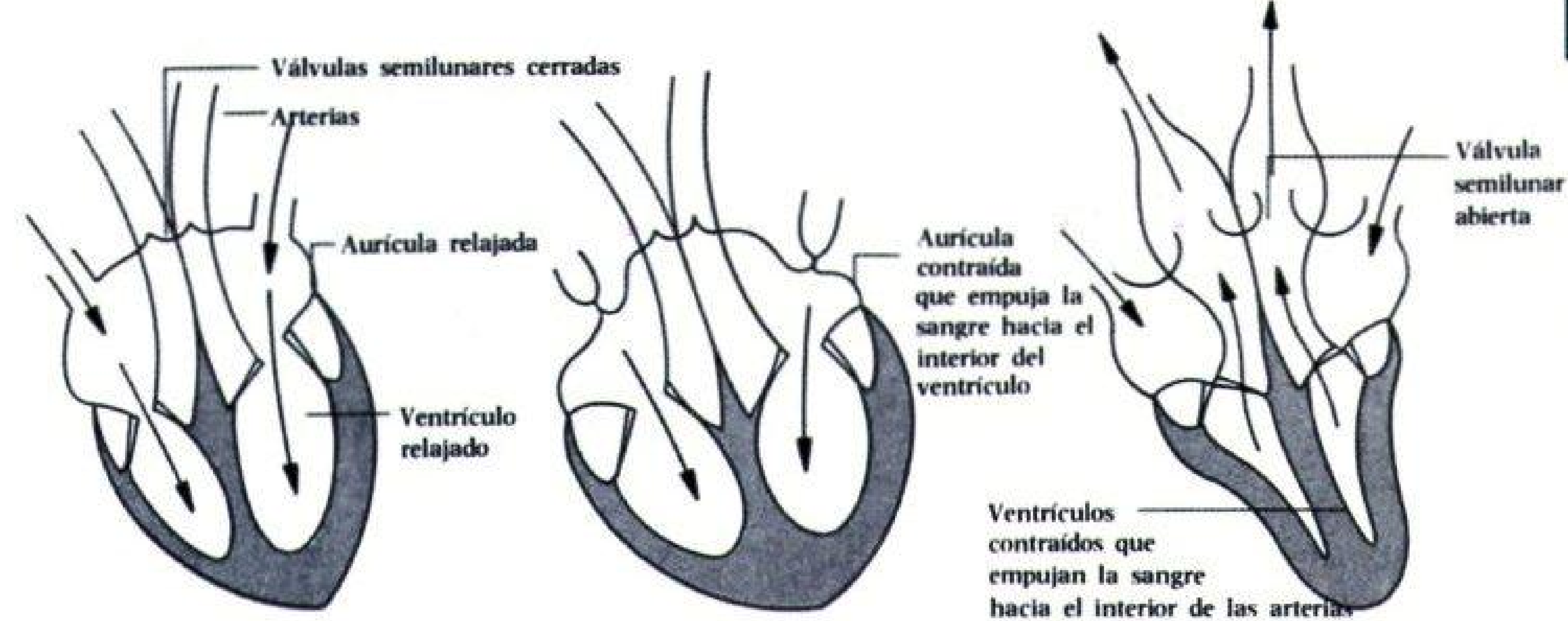
ECG

Aurícula	D	S	Diástole	
Ventrículo	Diástole	Sístole		Diástole

0 seg. 2 4 6 8

El marcapasos natural del corazón, el nódulo de Keith-Flack, es un pequeño músculo que inicia las contracciones rítmicas de inducción eléctrica, las cuales alcanzan primero a la aurícula y, en una fracción de segundo, a los ventrículos. Un registro ECG, *arriba*, mide las descargas eléctricas que activan la contracción (sístole) y la relajación (diástole), lo que produce el sonido doble de los latidos al cerrarse las válvulas una tras otra rápidamente.

Indice del pulso de los animales	Latidos por minuto en reposo
Ballena gris	9
Elefante	25
Salmón	47
Cucaracha	60
Mosca doméstica	60
Hombre	70
Foca	80
Gorrión	500
Musaraña	600
Colibrí	1.200



El bombeo del corazón asegura el abastecimiento continuo de oxígeno a todo el cuerpo. Las arterias recogen del corazón la sangre rica en oxígeno, mientras que las venas la devuelven desde los órganos al corazón, para que pase de nuevo a través de los pulmones. Otro circuito conduce la sangre a través de los pulmones para que se oxigene, antes de regresar al resto del cuerpo atravesando el corazón. Ambos lados del corazón laten acompasadamente, asegurando el mantenimiento de una presión suficiente. Al relajarse las aurículas la sangre fluye de los pulmones a la aurícula izquierda, y del resto del cuerpo a la aurícula derecha. Mientras, con una fuerte contracción, los ventrículos expulsan la sangre introduciéndola en las arterias; luego se relajan y se vuelven a llenar con sangre de las aurículas. Un corazón humano normal late 70 veces por minuto en reposo, pero se acelera hasta 200 tras una descarga de adrenalina o un ejercicio fuerte.

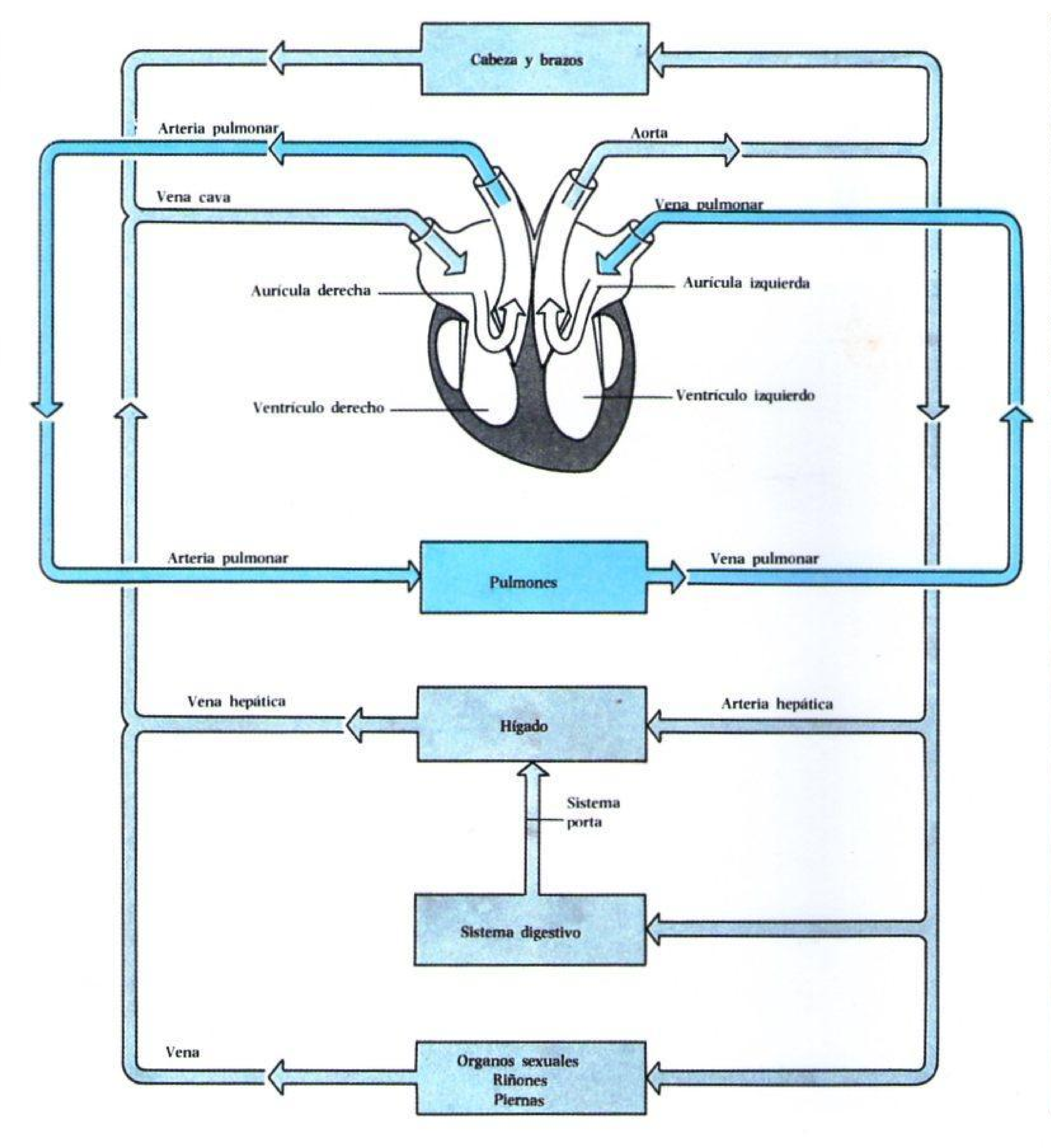
tras desoxigenarse y cargarse de dióxido de carbono, regresa de los tejidos es de un púrpura oscuro.

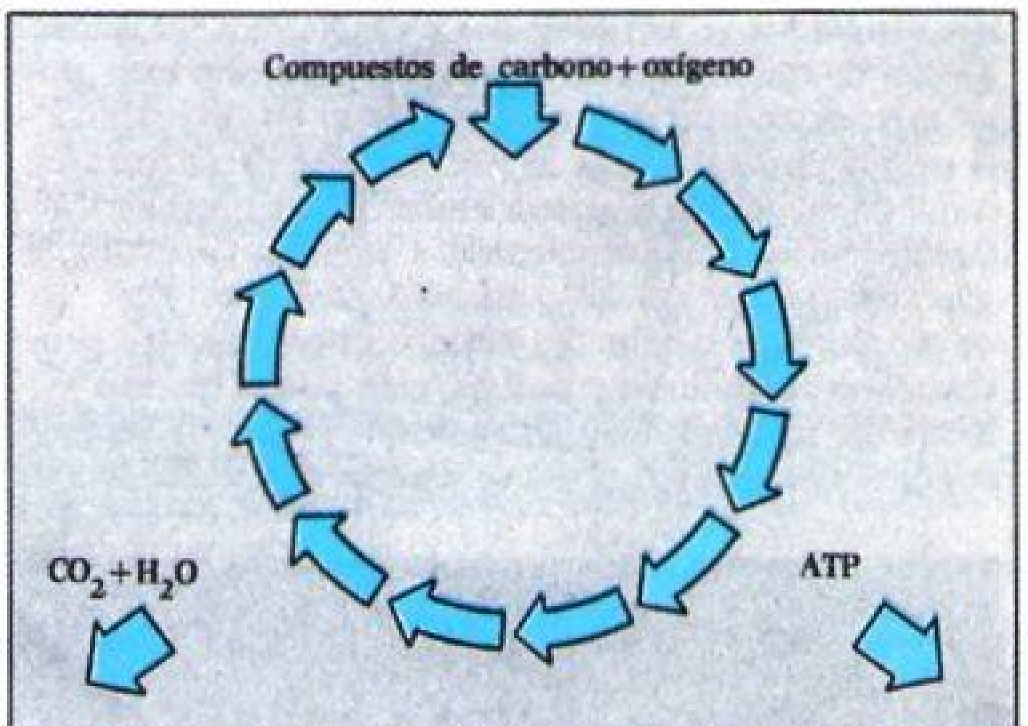
Partiendo del lado izquierdo del corazón la sangre oxigenada circula extendiéndose por arterias cada vez más pequeñas, hasta alcanzar los capilares. Entonces la oxihemoglobina entrega el preciado oxígeno a las células de los tejidos, que lo emplean para quemar elementos nutritivos, como la glucosa, en la combustión controlada de la respiración interna, la cual está gobernada por una serie de catalizadores biológicos. De hecho, cualquier célula que realice este proceso vital lo hace en zonas especializadas de su sustancia interior. Estos diminutos orgánulos, las mitocondrias, que miden de ancho 0,001 mm., presentan unos tabiques internos a modo de salientes planos, las crestas, sobre los que se apiñan las enzimas y otras moléculas necesarias conforme a una estructuración muy precisa. Su misión es producir ATP gracias a la contribución vital del oxígeno. Como si se tratara de diminutas centrales de energía, los cientos o incluso miles de mitocondrias de cada célula queman las porciones de glucosa, transformándolas en dióxido de carbono y agua dentro de una cadena de reacciones que se autoabastece, denominada ciclo de Krebs en honor a su descubridor; ello constituye un fenómeno cíclico a nivel de interacciones moleculares.

El dióxido de carbono liberado en el proceso de formación de ATP se diluye de nuevo en la sangre de los capilares. La sangre desoxigenada regresa a los pulmones para volver a abastecerse de oxígeno, completándose así el ciclo. El oxígeno, el gas para el que están diseñados los aparatos respiratorio y circulatorio, es el agente invisible e intangible que permite no sólo que las mitocondrias de una célula aeróbica produzcan ATP y vean así abastecidas sus necesidades energéticas, sino que también es lo que hace posible una hoguera, o el funcionamiento del motor de combustión interna de un automóvil. Pero esto es sólo la mitad de la historia de la producción de energía; para los animales, la otra mitad la constituye la comida.

¿Por qué necesitamos comer? Comprar y cultivar los alimentos, prepararlos, el ritual de las comidas, la incorporación de imágenes relacionadas con la comida como parte central de nuestro idioma, todo esto es algo tan común y corriente en nuestras vidas que apenas nos paramos a preguntarnos sobre la actividad en que todo ello se funda. A nivel de motivación inmediata, comemos porque tenemos hambre. Tal explicación, sin embargo, representa sólo un primer paso en el intento de resolver la espinosa cuestión de la necesidad biológica de consumir alimentos y, en definitiva, no hace más que plantearnos otra pregunta. ¿Por qué nosotros, y posiblemente otros animales superiores, tenemos motivaciones o «instintos»? ¿Por qué esos impulsos están tan firmemente impresos en nuestros modelos de conducta?

Tales patrones de control interno de la conducta son necesarios porque «comemos para vivir»; sólo al glotón se le recrimina con lo de «vivir para comer». A diferencia de las plantas que pueden elaborar todo el alimento que necesitan, cualquier animal, desde la más diminuta de las criaturas microscópicas hasta la poderosa ballena, tiene que obtener el alimento. La razón estriba en que, al contrario que sus verdes colegas del reino de las plantas, incluso los animales más desarrollados son absolutamente incapaces de elaborar moléculas de vida complejas a partir de moléculas inorgánicas simples. El único medio que un animal







La energía es «fabricada» en las células corporales por diminutos orgánulos membranosos llamados mitocondrias, *arriba*. Los productos de la descomposición de la glucosa de otras partes de la célula, que contienen carbono, penetran en las mitocondrias, en donde tiene lugar un complicado ciclo de procesos químicos llamado ciclo de Krebs. El aire de los pulmones oxida el carbono de tales sustancias, lo que produce dióxido de carbono. A la vez se sintetiza agua y moléculas de ATP (adenosintrifosfato). Las moléculas de ATP constituyen una reserva de energía que puede usarse para alimentar los procesos corporales que consumen energía.

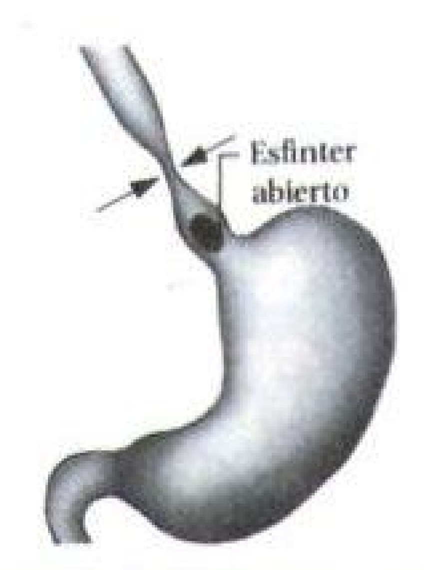
tiene de obtener energía en la forma utilizable de ATP es a través del proceso de respiración interna, en el cual los azúcares, tales como la glucosa, pero también las grasas, se descomponen. Los animales, incapaces metabólicamente, deben pues obtener ya elaboradas sus moléculas orgánicas complejas. Resulta difícil imaginarse que una langosta Termidor, una menestra a la Provenzal o una crujiente barra de pan con mantequilla no hacen sino cumplir esta apabullante función química; pero dejando aparte el placer de consumirla, para eso es precisamente para lo que sirve cualquier comida. Por tanto, los alimentos que consumimos tienen dos funciones distintas que se superponen. En primer lugar, nos aportan las unidades orgánicas elementales, elaboradas originariamente por las plantas a partir de moléculas inorgánicas, con las que nosotros, animales, podemos fabricar células nuevas que sustituyan a las que se han gastado, o podemos aumentar estructuras ya existentes para mantener la enorme colección de células que poseemos. En segundo lugar, los alimentos actúan como combustible en la descarga de energía de la respiración interna, en orden a potenciar todos los procesos y actividades que consumen energía y que nuestros cuerpos llevan a cabo cada minuto de vida.

Ambas funciones, la de proporcionar materias primas para la construcción y la de generar energía se superponen, porque algunas de las sustancias que se pueden quemar como combustible constituyen también excelentes unidades elementales para la construcción de células vivas. Por poner sólo dos ejemplos: los azúcares, que son el punto de partida fundamental para la producción de energía en el interior de las células, son también componentes esenciales en la organización del ADN y el ARN, los materiales del código genético que cualquier forma de vida posee. De manera parecida, los ácidos grasos que forman parte de las grasas incluidas en nuestra dieta, tales como la mantequilla y la margarina, pueden ser quemados como fuente de energía en lugar de los azúcares. Las grasas tienen también una importancia vital en lo que se refiere a la estructura, desde el momento en que se emplean como importantes materias primas en la construcción de las membranas que rodean cualquier célula viva.

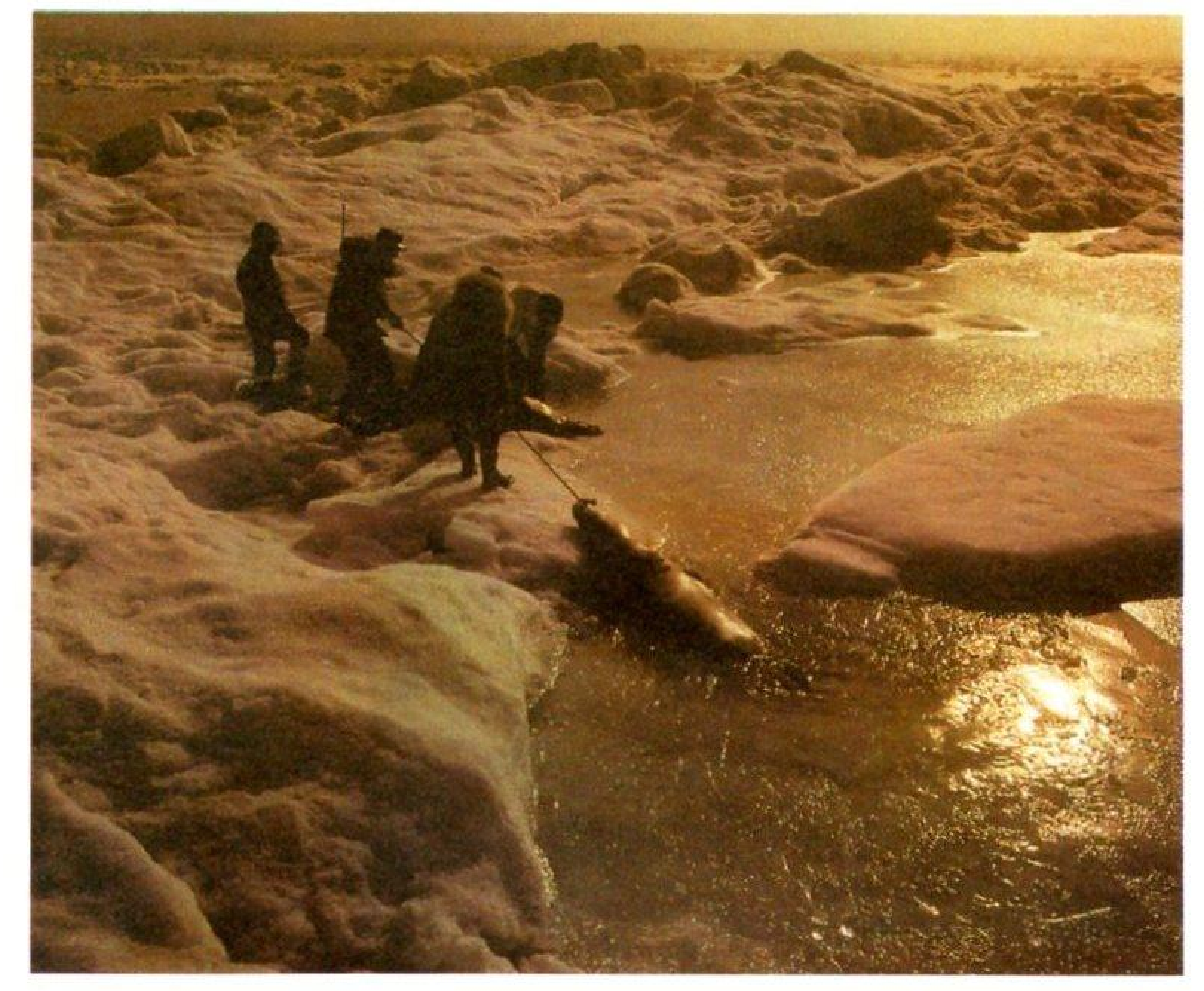
Unos pocos de los alimentos que consumen los animales están ya «predigeridos», y llegan en forma de pequeñas subunidades orgánicas que los animales pueden utilizar fácilmente. Por ejemplo, la miel, hecha a base de néctares de plantas y de pólenes, contiene tanto monosacáridos como aminoácidos, constituyendo estos últimos las unidades elementales con las que se pueden construir las proteínas. Estas pequeñas sustancias orgánicas pueden ser reabsorbidas directamente a través de la pared del intestino del animal, por medio de una mezcla de difusión —el mismo proceso mediante el cual se introduce el oxígeno en los cuerpos de organismos diminutos— y por medio de un sistema de transporte activo que consume energía; los elementos nutritivos son recogidos por transbordadores moleculares y conducidos desde el espacio interior, o lumen, del tubo intestinal, hasta la corriente sanguínea, para ser transportados adonde se los necesite.

La mayoría de los alimentos que comemos no se presentan, no obstante, en forma tan apta para su inmediata utilización. Antes bien consisten en mezclas complejas de enormes moléculas de grasas, almidones, proteínas y ácidos nucleicos como el ADN. Estas sustancias

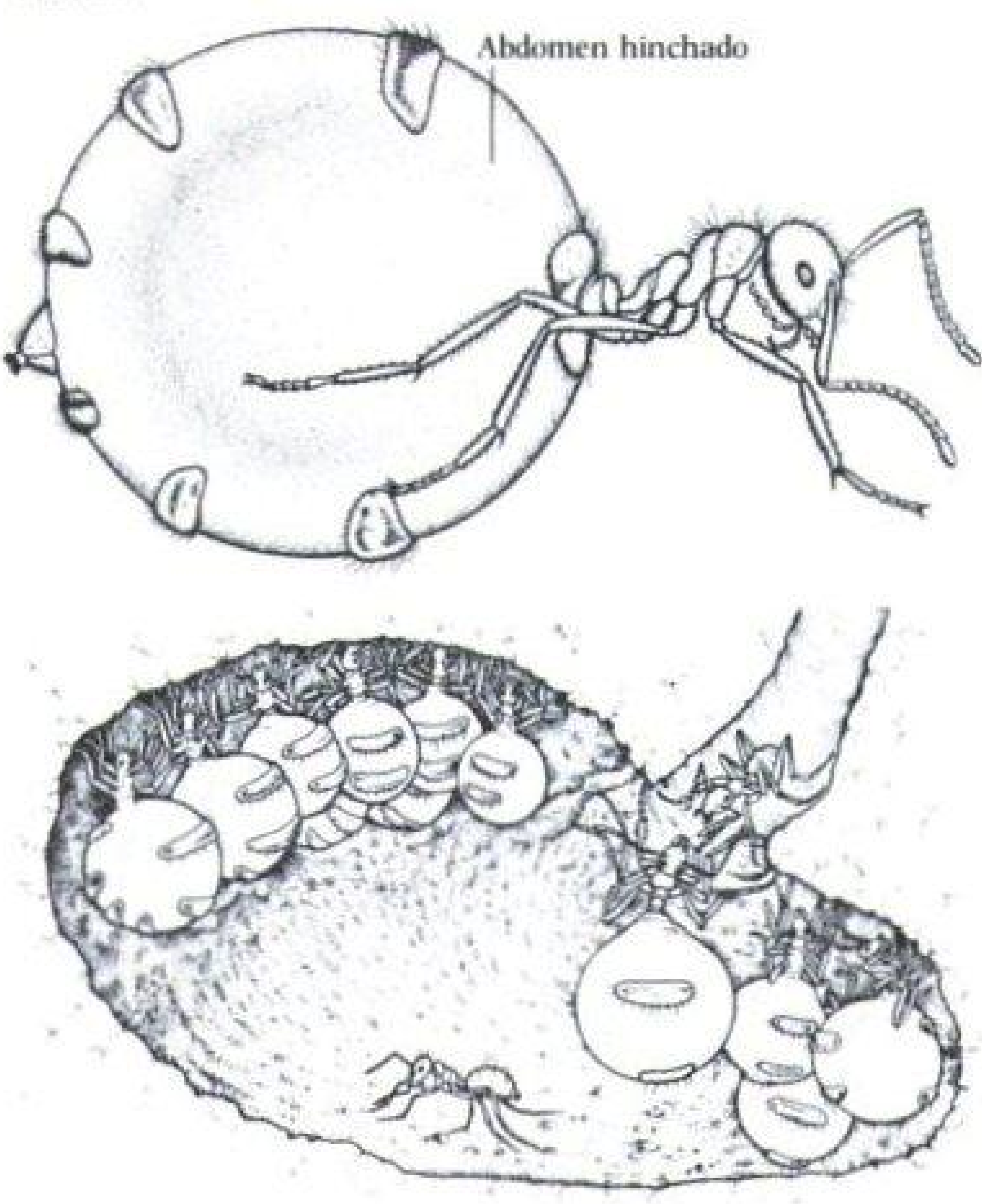




La alimentación implica diversos procesos rítmicos que descomponen la comida para que pueda digerirse. Un bocado, tras haber sido masticado hasta transformarse en una bola manejable, o bolo, pasa el esófago desde donde es conducido al estómago gracias a una ola de contracciones musculares. Al contraerse sobre el bolo, los músculos circulares lo obligan a descender y los músculos longitudinales le acortan el trayecto, lo que permite que la comida alcance el estómago en 10 segundos. Una vez en el estómago las contracciones se producen cada 20 segundos, mientras la comida da vueltas.



Los esquimales se ven obligados a adaptarse a un patrón regular de caza estacional debido a la variación extrema de la temperatura y la duración del día. En Groenlandia la caza de la foca para la obtención de alimento, aceite y combustible comienza en noviembre, porque entonces el mar se hiela y se puede capturar a las focas cuando salen a coger aire por los respiraderos del hielo. En verano, muchos esquimales acampan tierra adentro para cazar aves migratorias y caribús, para pescar truchas y recolectar bayas otoñales antes de regresar a sus iglús costeros y prepararse de nuevo para la caza de las focas.



Las hormigas nutricias del desierto del Colorado, *Myrmecocystus*, se alimentan casi exclusivamente de los jugos azucarados que segregan las agallas producidas en los matorrales de roble del desierto por ciertas avispas. Como sólo hay agallas durante unos pocos meses al año, las hormigas han desarrollado un sistema de almacenaje. Alimentan hasta la saciedad a varias obreras estériles, hasta que multiplican por 8 su tamaño normal y las dejan colgando del techo del hormiguero a modo de despensa de miel. Durante la estación seca las hembras regurgitan comida para el resto de la colonia.

constan de moléculas enormes, comparadas con la glucosa cuyo peso molecular es sólo de 180: sus pesos moleculares alcanzan los 100.000 o incluso 1.000.000. No resulta fácil absorber esas moléculas gigantes en el estado en que se consumen, de modo que primero han de ser descompuestas en subunidades constitutivas: las féculas en azúcares simples, las grasas en ácidos grasos y glycerol, las proteínas en aminoácidos, y los ácidos nucleicos en unidades elementales de construcción llamadas nucleótidos.

El proceso de la digestión es el que fragmenta estas grandes moléculas en sus elementos constitutivos. El mecanismo de la digestión comienza cuando picos, dientes y lenguas cortan la comida en pequeños trozos, tarea que se ve suplementada por los movimientos estomacales en los mamíferos, y por las mollejas trituradoras, llenas de granitos de arena, en las aves. El resultado de todas estas actividades es una lechada muy dispersa de partículas de las moléculas gigantes de los alimentos, que se va deslizando intestino abajo gracias a los movimientos peristálticos, una especie de empujones rítmicos causados por contracción muscular. En estado líquido, el alimento es sometido a la acción de las enzimas digestivas producidas por la pared del estómago, la del intestino y la del páncreas adyacente, que envía sus secreciones al intestino a través de un tubo. Estas enzimas desempeñan la función química de fraccionar las moléculas grandes, convirtiéndolas en otras más pequeñas que puedan ser absorbidas a través de la pared intestinal.

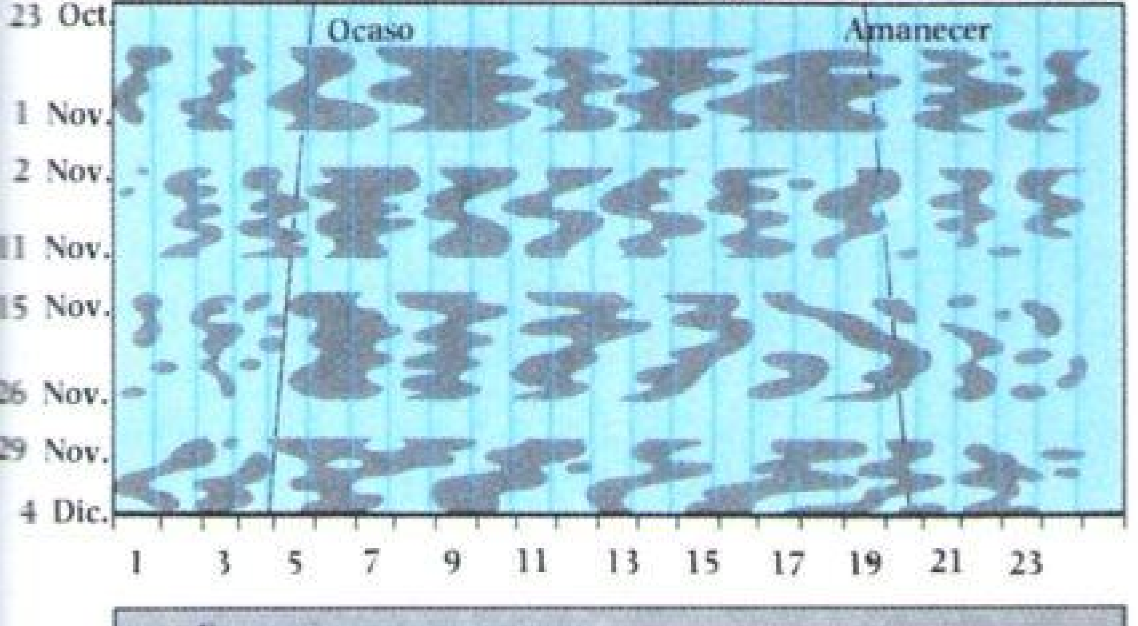
Del mismo modo en que la provisión de oxígeno para el organismo se fundamenta en un determinado número de procesos cíclicos y rítmicos, así también la alimentación y la transformación de los alimentos se regulan de manera igualmente estructurada. La mayor parte de estos patrones vienen impuestos o están estrechamente ligados a los ritmos ambientales externos. Así, por ejemplo, las ratas, incluso en el laboratorio donde tienen a su disposición agua y comida las 24 horas del día, tienen un ritmo circadiano de alimentación nocturna. Durante el día las ratas duermen, se alimentan poco o nada y apenas evacuan heces. Cuando oscurece se vuelven muy activas, comen y defecan durante toda la noche hasta que, hacia el amanecer, su actividad vuelve a decaer. Este complejo patrón de cambio cíclico, del que la alimentación forma parte esencial, no tiene nada que ver con el suministro de comida a las ratas en el laboratorio, y constituye, en cambio, una manifestación de su estrategia natural de vida, que incluye una alimentación nocturna.

El ritmo de alimentación circadiano de estas ratas de laboratorio está inextricablemente unido al ciclo de 24 horas del día y la noche. Este mismo ritmo puede servir de modelo para cualquier animal que sea marcadamente nocturno o diurno —es decir, activo durante el día— en lo que respecta a sus costumbres. Tal estructuración de la actividad general implicará casi siempre una variación paralela en la conducta alimentaria, alimentándose los animales nocturnos por la noche, como era de esperar, y los diurnos de día.

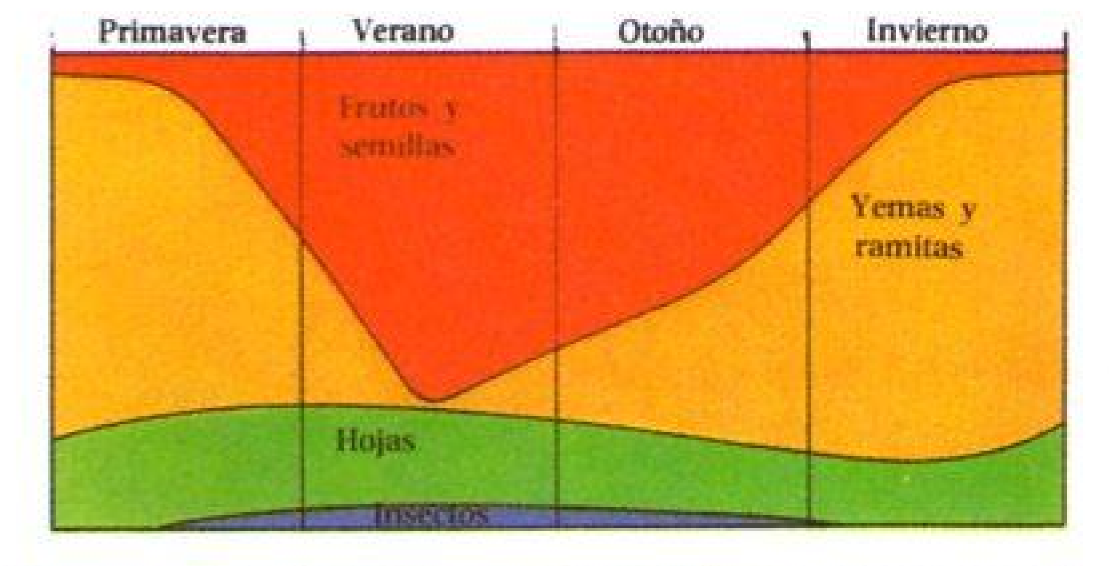
Estos mismos ciclos, referidos a los predadores, implican generalmente que existe alguna restricción de las posibles presas, o que el predador se ha especializado en la caza de determinado tipo de presa. Por ejemplo, el papamoscas moteado, que nunca vuela de noche, sólo caza insectos voladores durante las horas de luz, buscándolos y

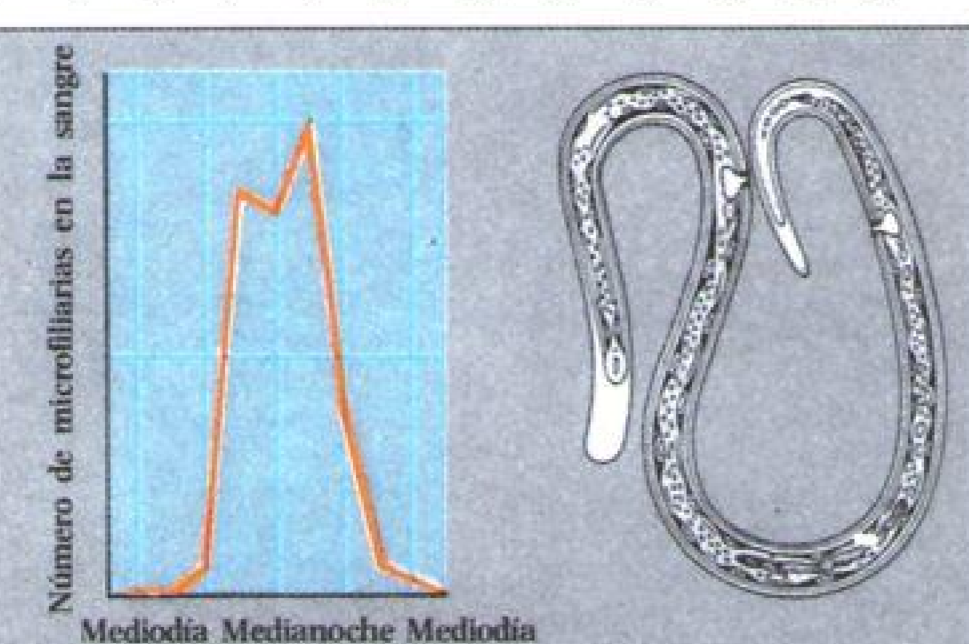


El ratón de campo de cola corta, *Microtus agrestis*, presenta dos ritmos de alimentación diferentes. Incluido en su ritmo de alimentación de 24 h., que alcanza un apogeo tras la puesta de Sol, hay otro de intervalos de 2-4 horas, debido a lo diminuto del estómago del animal.



Muchas aves de caza, incluido el *Bonasa umbellus* de América del Norte, seleccionan su dieta según la estación, conforme a los criterios de disponibilidad y preferencia. Durante el verano disfrutan de la abundancia de frutos y semillas, sustituyéndolos por yemas y ramitas durante el invierno. El aumento en el consumo de insectos durante el verano refleja una necesidad fisiológica de proteínas antes de la época de reproducción, frecuente entre los pájaros vegetarianos. Los machos comen más durante el cortejo; las hembras comen el doble cuando ponen los huevos.





En la difusión de la elefantiasis hay involucrados tres ritmos: los mosquitos como el *Culex pipiens fatigans* trasmiten por picadura las larvas del gusano infeccioso *Wucheria bancrofti*, que pasan a la sangre humana. De día las larvas se retiran a los pulmones de la víctima, pero vuelven a la sangre todas las noches a la espera de ser succionadas por un mosquito que infectará a otra persona. Si el huésped modifica su patrón de sueño y vigilia, los gusanos se adaptan al cabo de una semana.



atrapándolos gracias a una vista muy aguda. Por el contrario, el murciélago de cabeza de herradura, mamífero aéreo totalmente nocturno, atrapa al vuelo insectos nocturnos tipo polillas. El hecho de que no haya luz y de que apenas pueda servirse de los ojos no le supone un hándicap, pues utiliza un sistema de radar ultrasónico de gran precisión para guiar sus movimientos. El murciélago emite vibraciones de alta frecuencia a través de los pliegues en forma de herradura de su nariz.

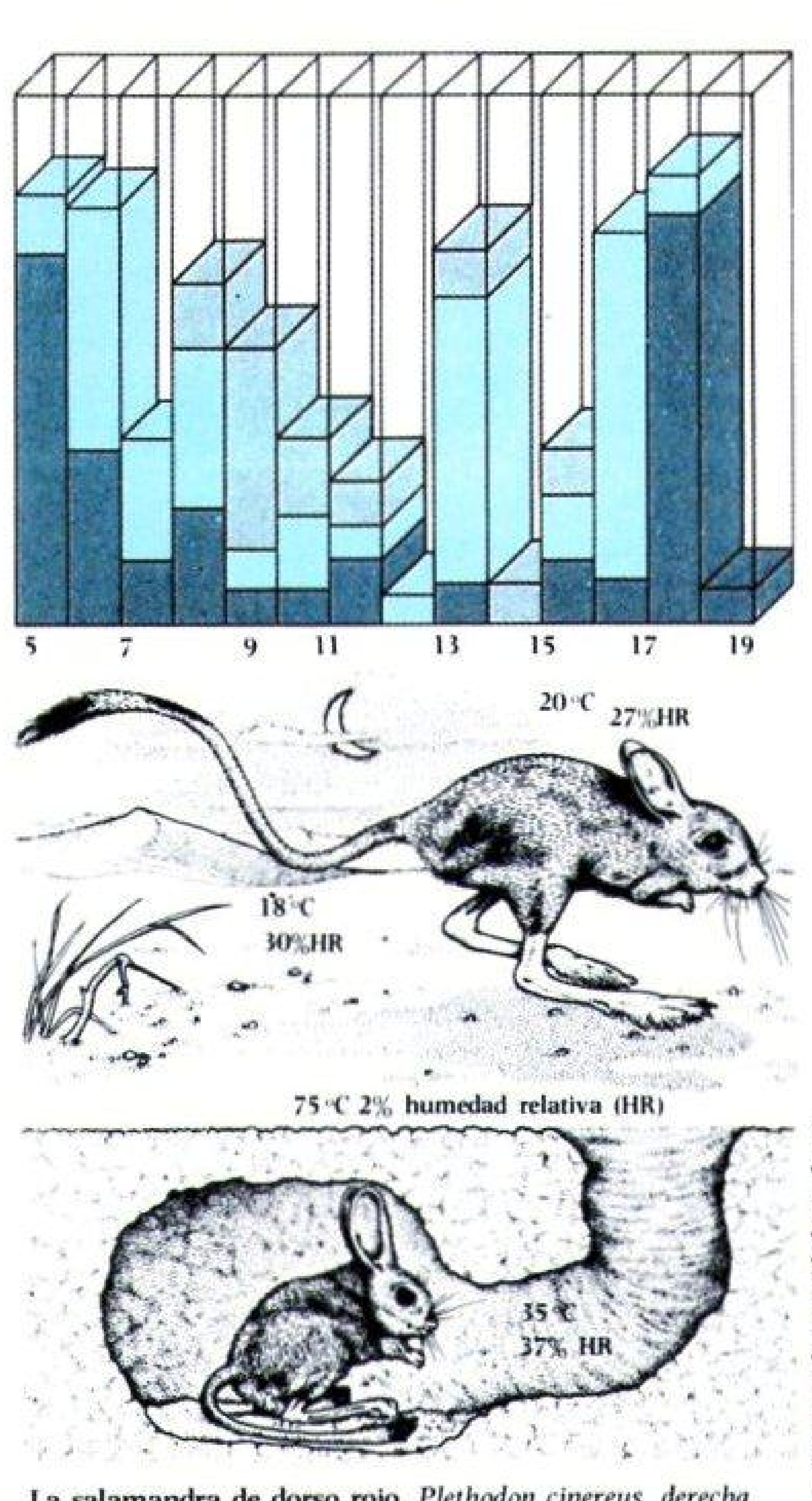
Otros destacados patrones de alimentación de los animales presentan una periodicidad estacional o anual. Tales ritmos pueden estar ligados, por ejemplo, a la procreación anual del animal, a un período de migración o a la abundancia estacional de alimentos. Los animales que, como los pájaros, recogen comida para sus polluelos confinados en el nido, a menudo realizan para sus pequeños una selección de alimentos bastante diferente a la suya propia.

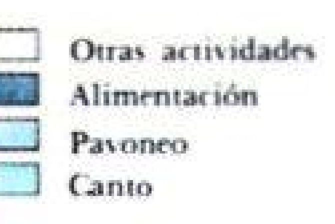
Los animales migratorios necesitan por lo general almacenar grandes reservas de grasas antes de embarcarse en las trabajosas y largas migraciones durante las cuales las oportunidades de obtener alimento son escasas y dispersas, y con menos posibilidades de éxito que en el resto del año. Esta necesidad implica que en el período inmediatamente anterior a la partida se observa una alimentación intensiva. Los alimentos preferidos por los animales migratorios como los pájaros y las mariposas son las grasas, porque en iguales cantidades las reservas de grasa al quemarse con el oxígeno aportan considerablemente más ATP energético que un peso equivalente de cualquier otro elemento nutritivo, como los carbohidratos o las proteínas.

Por supuesto, la conducta alimenticia es sólo uno de los aspectos de los múltiples patrones de actividad de los animales, los cuales ostentan en sus vidas una periodicidad rítmica regular, o una organización claramente cíclica. Probablemente no hay error en afirmar que puede demostrarse que cualquier actividad animal que consuma energía, ya esté relacionada con los grandes movimientos de locomoción, con los patrones internos de actividad fisiológica, como la digestión o el pulso, o con la realización de tareas mentales, presenta propiedades rítmicas en algunos animales.

Esta generalización sobre la actividad animal resulta ser válida para criaturas de tamaño, hábitos y complejidad tan diferentes como el diminuto plancton marino y el propio hombre. El plancton marino, integrado por organismos adultos microscópicos, por huevos y por larvas jóvenes de criaturas marinas mayores, podría considerarse de interés exclusivo para ciertos especialistas de gustos pecualiares. Pero el tamaño, la distribución y las migraciones del plancton tiene importancia económica para todas las naciones con flota pesquera.

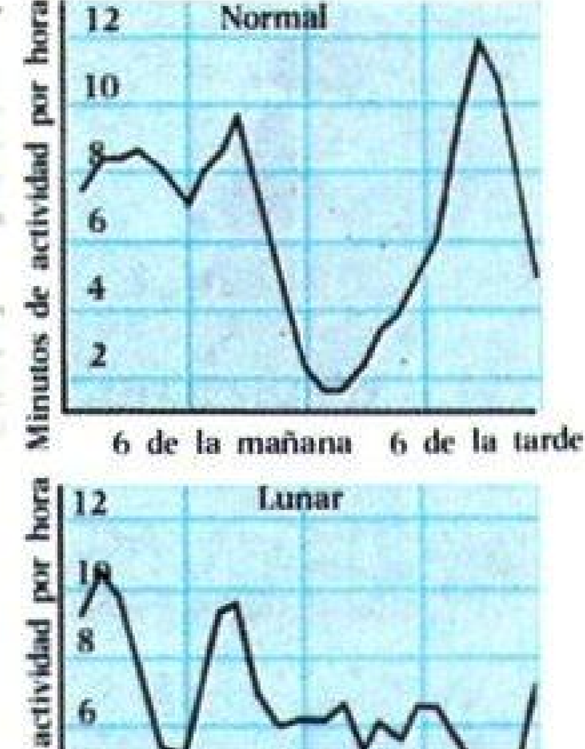
El zooplancton, formado por los animales marinos más pequeños, constituye un eslabón fundamental en la compleja red de cadenas alimenticias que existe en los mares de la Tierra. El zooplancton se alimenta de fitoplancton, algas microscópicas que flotan a la deriva y que integran la otra mitad de la ecuación del plancton. Al ser verdes, los componentes del fitoplancton son los productores primarios de nuevo material orgánico de los océanos, mediante la fotosíntesis. El pescado que comemos se alimenta de zooplancton, o de peces más pequeños que, a su vez, crecieron a base de zooplancton. Los biólogos de las pesquerías han realizado multitud de estudios sobre los patrones de



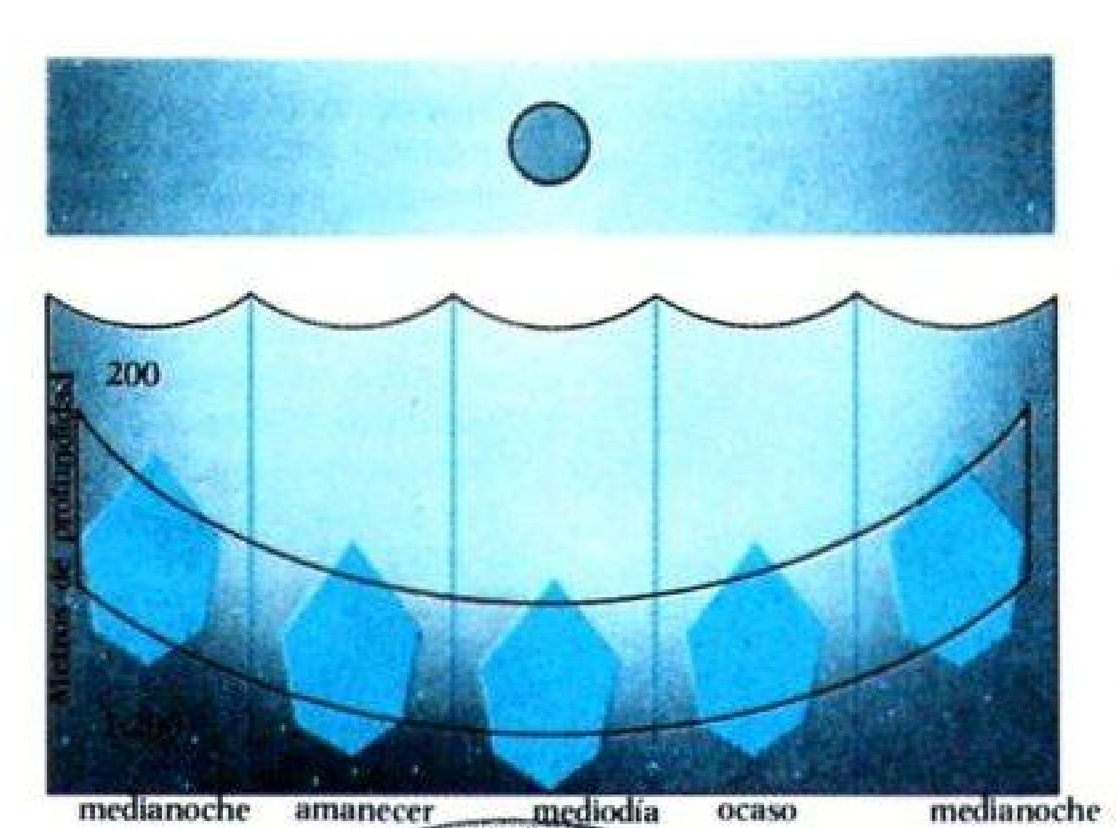


Los pájaros regulan su actividad diaria según su dieta, su tamaño y la aparición de predadores. La actividad de los mirlos, *izquierda*, aumenta progresivamente por la mañana. Su actividad culmina a las 5 de la tarde. Al amanecer y en el crepúsculo los machos cantan para señalar y defender su territorio.

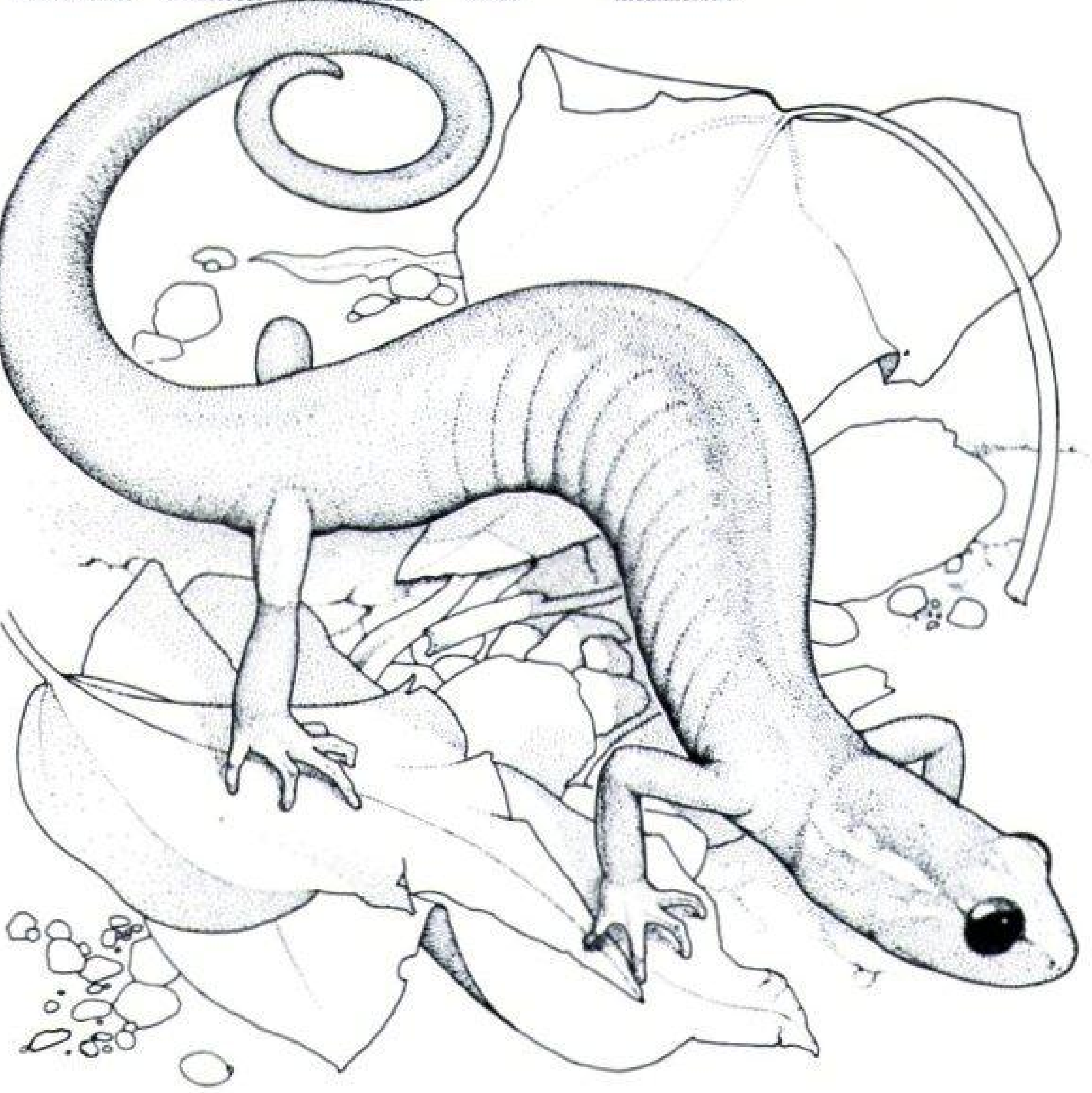
Muchos roedores del desierto, incluidos los jerbos, *izquierda*, se pasan el día en las madrigueras para evitar la pérdida de la preciada humedad. De noche, cuando vuelve a hacer fresco, los jerbos se aventuran fuera para regresar a su húmedo agujero de madrugada.



La salamandra de dorso rojo, *Plethodon cinereus*, *derecha*, es activa de noche y normalmente presenta un patrón específico de movimiento. Tras un estallido de actividad hacia las 10 de la mañana se pasa la mayor parte del día durmiendo hasta que reaparece por la tarde y alcanza otro apogeo hacia las nueve. Sin embargo, en noches de Luna llena este ritmo se inhibe y la salamandra permanece oculta a los ojos de los predadores nocturnos.



Muchas especies de plancton sensibles a la luz emigran durante el día a las profundidades oceánicas y regresan a la superficie de noche. Empujado por la luz, la temperatura y la salinidad, el plancton se sumerge a distintas profundidades, determinadas por la edad, el sexo y las condiciones del agua. Muchos peces que se alimentan de plancton siguen a sus presas, con lo que adoptan el mismo ritmo.



actividad diaria de esos animales, vitales aunque diminutos. Se ha demostrado que el zooplancton lleva a cabo migraciones marinas verticales sorprendentes: durante el día se sumerge para regresar a la superficie todas las noches, siguiendo un ritmo circadiano regular.

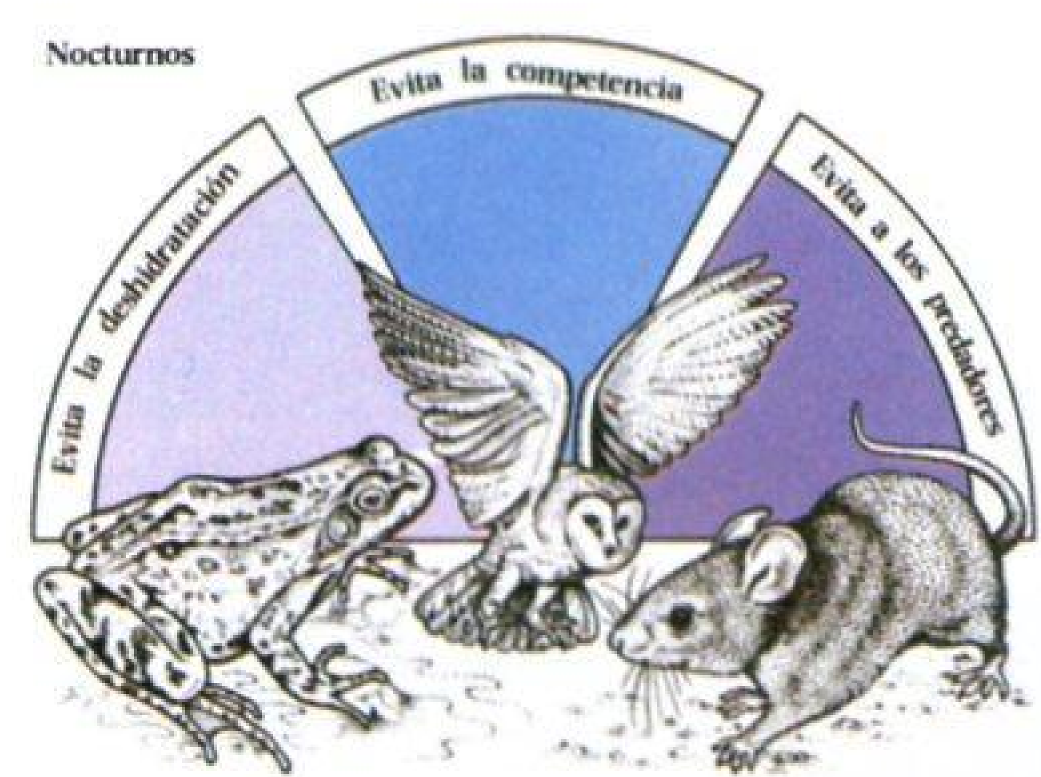
El hombre, por más que tenga el cerebro más poderoso y versátil de todos los animales de la Tierra, no se halla exento de los imperativos rítmicos de la vida. Se han llevado a cabo multitud de exámenes sobre cómo los humanos realizan determinadas tareas, y sobre cómo resuelven ciertos problemas, para descubrir ritmos circadianos de 24 horas en tales habilidades. Esta investigación se ha originado en la posibilidad de que la eficacia laboral pudiera mejorar si se considerasen las variaciones intrínsecas que se dan a lo largo del día en la capacidad de hombres y mujeres para realizar tareas específicas.

La mayoría de estos estudios se han concentrado sobre la fase normal de actividad diurna del ciclo de sueño y vigilia. Ingeniosos investigadores han aportado una amplia variedad de tareas mensurables, a las que se pueden asignar valores, y que han sido realizadas por «conejillos» humanos voluntarios. En lo que se refiere a una gama notablemente grande de tareas de resolución de problemas que requieren una actividad muscular, ya sea pequeña o considerable, se aprecia un patrón de cambio diurno similar pero a la vez característico. Este patrón es válido ya se trate de medir la habilidad para barajar y repartir cartas, para dibujar en un papel la imagen que se refleja en un espejo o para hacer multiplicaciones. A la una o a las dos horas de levantarse, por las mañanas, la eficiencia asciende relativamente deprisa, alcanzando el auge hacia el mediodía, aunque tales apogeos corresponden a momentos diferentes según las actividades. De ahí en adelante la eficiencia ya disminuyendo, generalmente de forma más gradual, según se aproxima la noche.

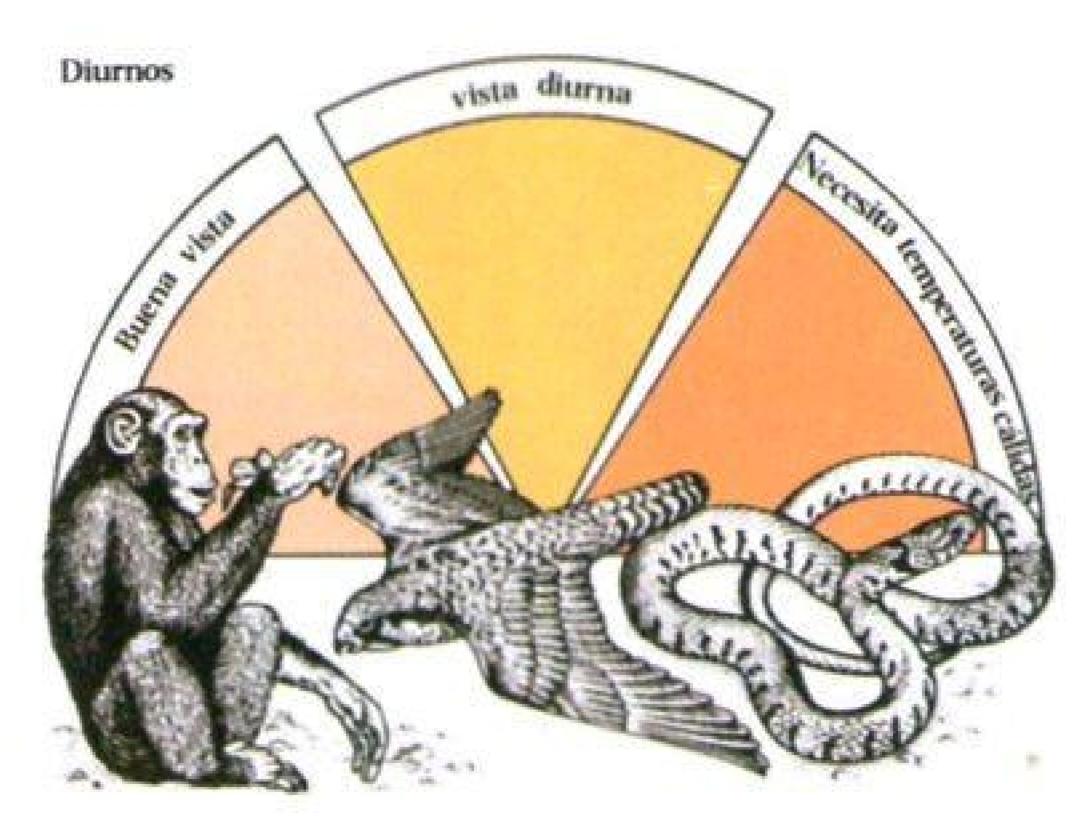
En general, este patrón de cambio de la habilidad se corresponde con ritmos fisiológicos internos del cuerpo humano, como el de la temperatura corporal. Sin embargo, cuando se los examina atentamente, los dos tipos de ritmo son bastante diferentes, pues mientras que la eficiencia aumenta rápidamente y disminuye con lentitud a lo largo del día en los adultos moderadamente activos, la temperatura corporal asciende lentamente durante el día, en dos fases. La primera de esas fases es rápida y la segunda más gradual, pero al concluir esta segunda fase el declive de la temperatura corporal es muy rápido; así pues, no existe una correlación directa entre la temperatura corporal y los niveles de habilidad.

Los estudios realizados sobre la habilidad del cerebro humano para resolver problemas como las multiplicaciones se estructuraban en torno a un ciclo de la existencia humana que se suele definir con dos fases: el ciclo de sueño nocturno y la vigilia diurna. Los resultados se concentraban en patrones circadianos, es decir, los de periodicidades de 24 horas. De hecho existen algunos indicios de que, bajo esos ciclos de lapso relativamente largo, se da un ritmo de cambio de la actividad mental humana que muestra un período mucho menor de 24 horas, y que se halla presente tanto durante la vigilia como durante el sueño.

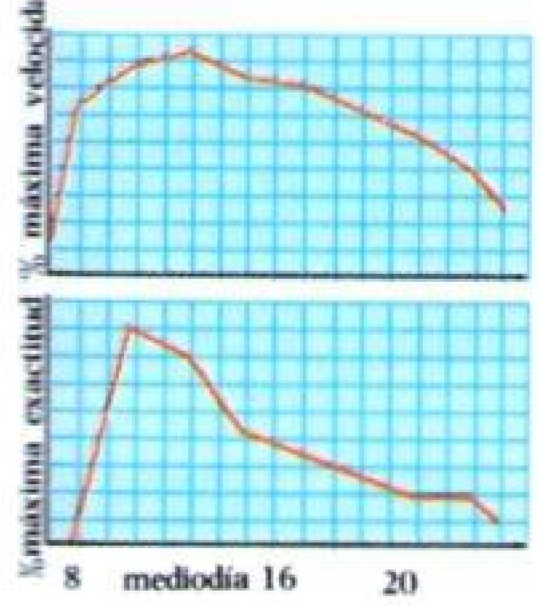
Los primeros descubrimientos que apuntaban que en el cuerpo humano se producen cambios cíclicos relativamente rápidos surgieron a raíz de importantes estudios llevados a cabo en los años 50. Tales



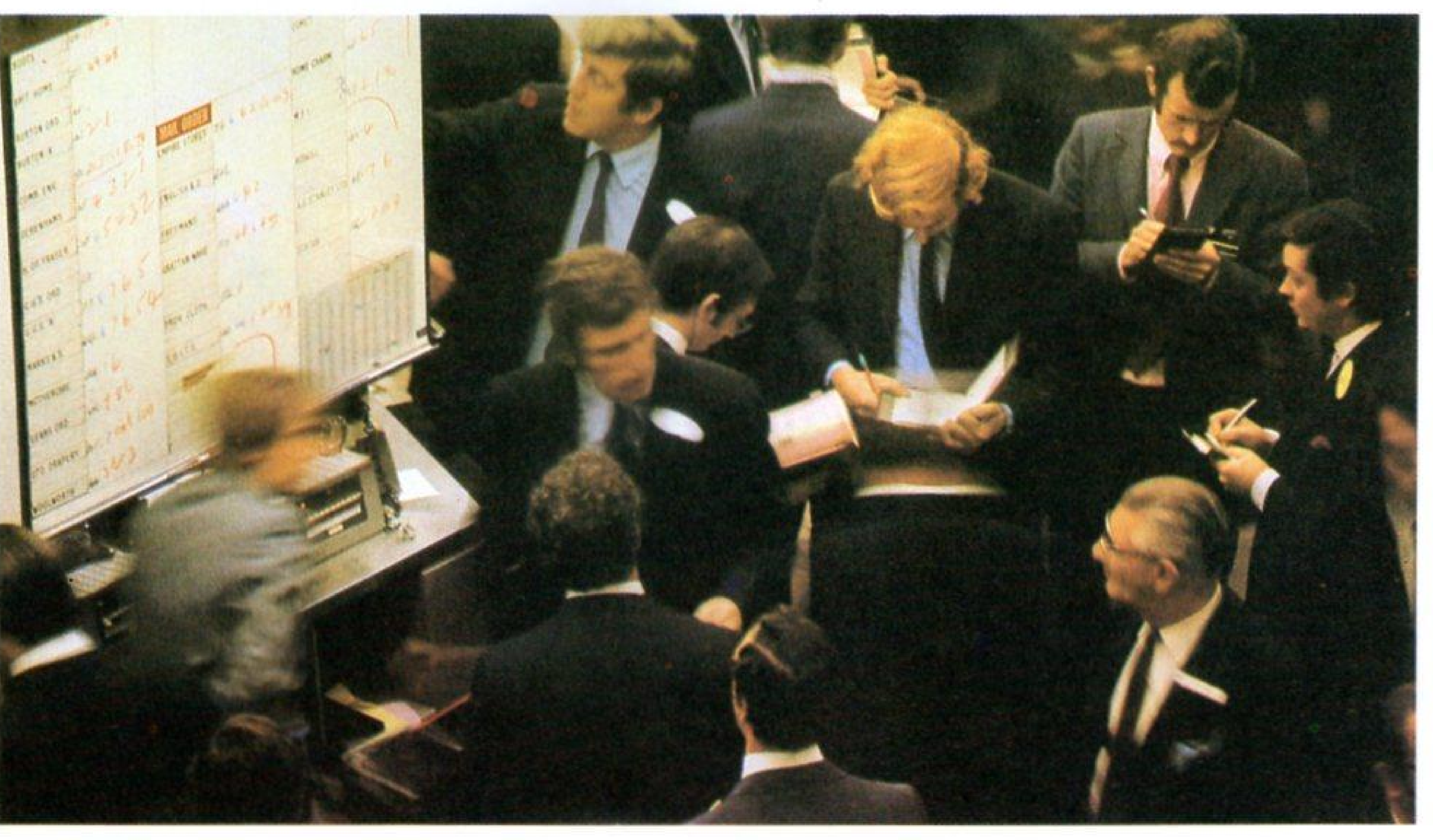
Multitud de animales se han hecho nocturnos en respuesta a la presión negativa ejercida por la luz. Las ranas necesitan humedad y son activas de noche para evitar la deshidratación. Los ratones salen de noche para zafarse de los muchos predadores que los buscan a ojo. No obstante, las lechuzas cumplen este papel, sin apenas competencia de otros pájaros predadores.



Los animales diurnos a menudo se han adaptado específicamente para aprovechar las horas de luz. Los chimpancés dependen sólo de su excelente vista para sacar todo el partido a su curiosa y oportunista existencia. Los halcones se sirven de su aguda vista diurna para identificar a las presas desde gran altura. Muchas culebras y otros animales de sangre fría necesitan el calor diurno para cazar con eficiencia.



Los niveles de eficiencia humanos, que fluctúan a lo largo del día, siguen la curva de la temperatura corporal. La ejecución mental es generalmente mejor por la mañana; la multiplicación se suele realizar con mayor precisión hacia las 10.30 de la mañana y con mayor rapidez a mediodía, *arriba*. La memorización de números alcanza también un apogeo a mediodía; muchas importantes decisiones comerciales, *derecha*, pueden verse afectadas por la hora del día.

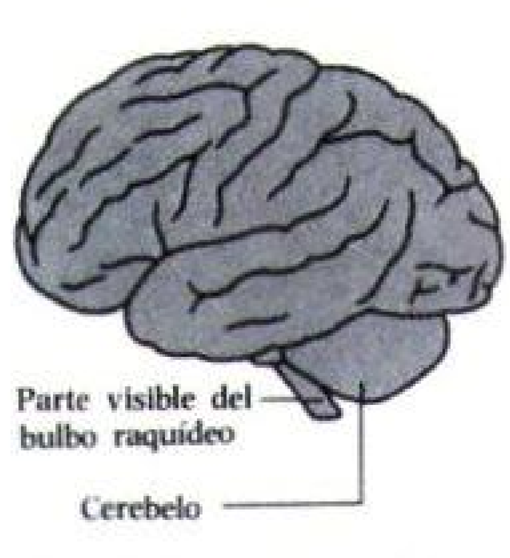


estudios revelaron que la fase de sueño del ciclo de sueño y vigilia no es una nada inconsciente, vacía y uniforme. Sin duda, la experiencia humana de los sueños había mostrado hacía mucho, de modo precientífico, que esto no podía ser así. Los estudios realizados con voluntarios, conectados a los circuitos de un electroencefalograma, junto con los resultados de una amplia gama de dispositivos de control, mostraron que el sueño se divide en sus propias fases cíclicas, que alternan a lo largo de la noche de modo aproximadamente rítmico.

Así se descubrió que el sueño presenta dos fases notablemente diferentes entre sí, tanto en términos de conducta como de fisiología. El primer tipo es el sueño de movimiento rápido de los ojos (REM) porque, como su propio nombre indica, durante esta fase se producen movimientos rápidos y pasajeros de los ojos, bajo nuestros párpados cerrados. El segundo tipo de sueños es el de movimientos no rápidos del ojo (NREM), durante el que no se producen esos sorprendentes movimientos del ojo. Así pues, un adulto normal atraviesa por un ciclo completo de REM seguido de otro de NREM cada 80 a 120 minutos, lo cual implica que durante una noche de sueño normal, de unas ocho o nueve horas, atravesamos al menos cuatro de tales ciclos.

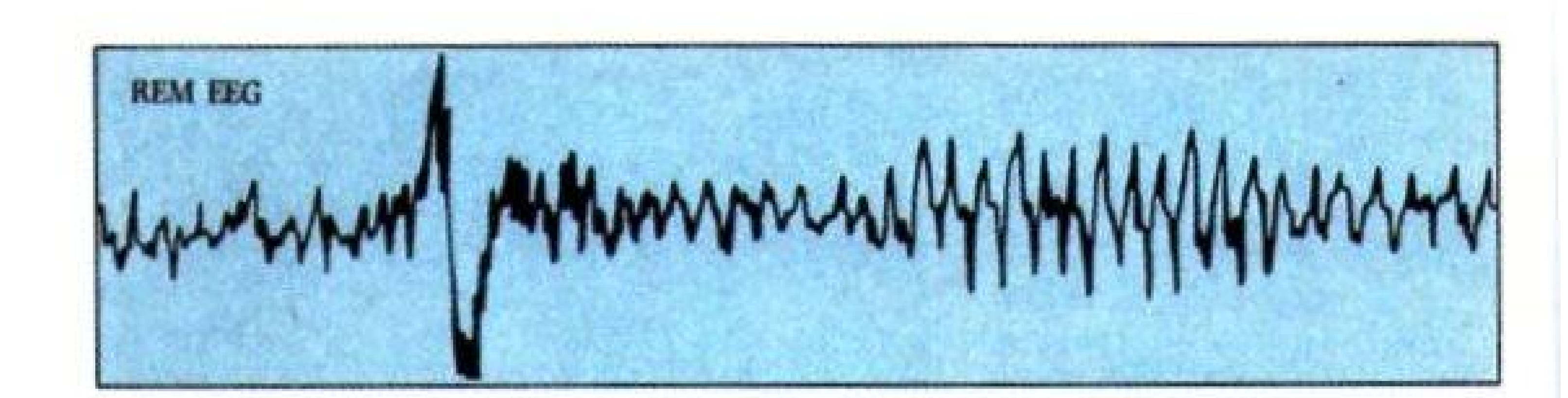
Aunque la presencia o ausencia de movimientos oculares es la manifestación más obvia de las dos fases del sueño, no es la única diferencia entre el sueño REM y el NREM; también varían, de forma regular entre uno y otro tipo, el patrón de actividad eléctrica del corazón medido con un electrocardiograma (ECG), la frecuencia de los latidos, la de la respiración y el tono, o tensión muscular. Parece pues que algo absolutamente básico se altera en el cuerpo cuando pasamos de un estado de sueño al otro. Para explicar la profunda diferencia que existe entre ambos estados se ha propuesto una fascinante y atrevida hipótesis, la cual sugiere que el ritmo REM/NREM implica una alteración de la proporción en que cada uno de nuestros dos hemisferios cerebrales controla nuestras actividades mentales. La parte inteligente de nuestro cerebro, que es la superior y más reciente, el cerebro propiamente dicho, se divide a derecha e izquierda en dos mitades, que, debido a su forma, se conocen como hemisferios cerebrales; entre ellos existe un complejo entramado de conexiones nerviosas. Apenas se duda de que las dos mitades del cerebro de la mayoría de las personas se han especializado en diferentes tareas mentales. En las personas diestras, el hemisferio derecho se ha especializado en los aspectos no verbales, visuales, espaciales y artísticos de nuestra percepción del mundo, y apenas tiene que ver con los procesos de análisis lógico. La parte izquierda del cerebro de una persona diestra es el hemisferio encargado de la escritura y la lengua hablada, y de todo lo que es analítico y lógico en nuestras vidas.

La idea básica de esta nueva hipótesis sobre las fases del sueño es que, durante las horas de sueño, las dos mitades del cerebro se relevan para controlar los procesos mentales. Mientras domina el hemisferio derecho del cerebro, atravesamos una fase de sueño REM, pero cuando el piloto automático nocturno se sienta en el lado izquierdo de la cabina cerebral, atravesamos un período de sueño NREM. Los mismos movimientos oculares constituyen pistas importantes de la veracidad de esta teoría. Obviamente, los ojos son más activos durante la fase de sueño en que los aspectos visuales son más favorecidos, es decir el sueño REM, controlado por el lado derecho.



Los datos sugieren que el sueño puede ser inducido por hormonas que trasmiten mensajes a un área del bulbo raquídeo conocida como formación reticular que funciona como tablero de mandos del cerebro y controla los niveles de conciencia.

El sueño de movimiento rápido de los ojos (REM) que se asocia con un tipo de sueños se caracteriza por una profusión de ondas cerebrales puntiagudas. La respiración y el pulso son irregulares, el movimiento aumenta y, también, la temperatura corporal.

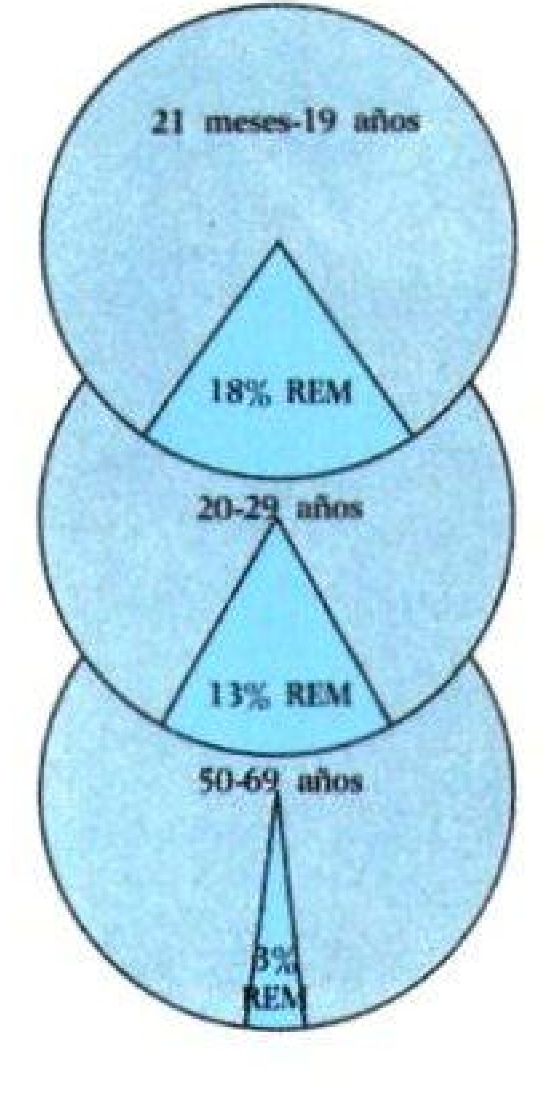


El sueño humano se divide en cuatro etapas que pueden identificarse por la cantidad de actividad eléctrica del cerebro, *derecha*. Un ciclo completo dura unos 90 minutos; una noche incluye 5 o 6 ciclos completos, *extremo derecha*. Etapa 1: el sueño ligero produce pequeñas ondulaciones de las ondas cerebrales. Según el cerebro va entrando en un estado de sueño más profundo, las ondas EEG se agrandan y ocurren imprevisiblemente hasta que, en la etapa 4, los ejes desaparecen por completo. La cualidad del sueño varía a lo largo de la noche y por la mañana es más ligero y poblado de imágenes en correspondencia con el aumento de temperatura y con la actividad de ciertas hormonas relacionadas con la adquisición de plena conciencia.

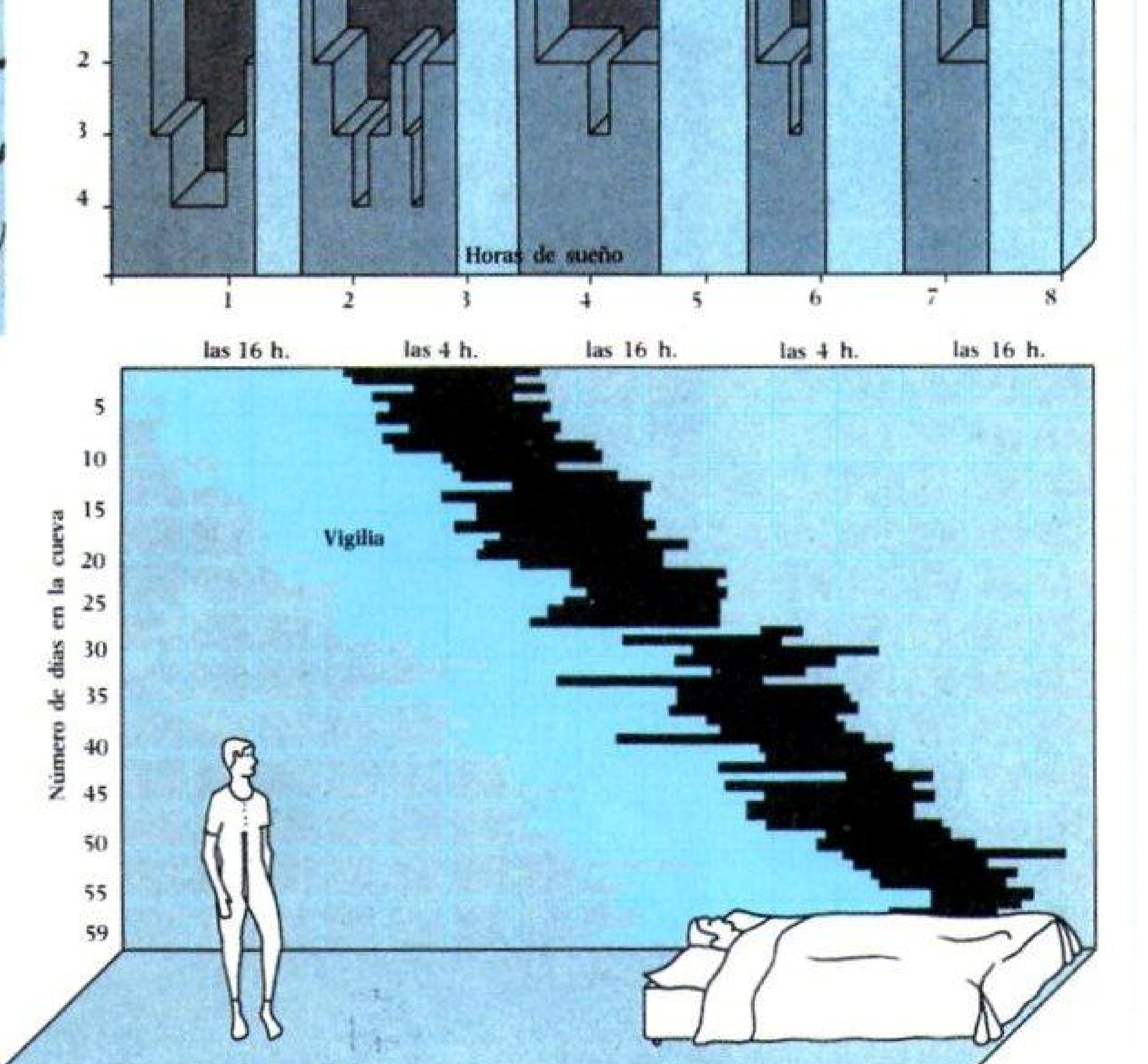
Vigilia
Etapa 1
Etapa 2
Etapa 3
Etapa 4

Vigilia
1
2
3
4
Horas de sueño
1 2 3 4 5 6 7 8

La duración del sueño nocturno y sus ritmos internos varían según la edad. El cambio más llamativo se da en la cuarta etapa de sueño que en los niños representa un 18% del sueño nocturno, y en los adultos un 3%, *derecha*. El sueño de la etapa 4 cumple funciones como la del estímulo para la producción de la hormona del crecimiento. Por ello los niños en desarrollo tienen mayor necesidad de sueño profundo. Se ha demostrado que los niños con carencia de sueño no crecen deprisa y pueden atrofiarse.



Los experimentos realizados con voluntarios revelan que nuestro ciclo regular de 24 h. de sueño y vigilia está muy asociado a claves de luz. En ausencia de señales externas hay tendencia natural a que el patrón de sueño se retrase algo cada día, hasta dar una vuelta completa al reloj. La mayoría de las personas presentan un ciclo innato de unas 25 h. que se ajusta al ritmo de 24 h. de la Tierra. La temperatura corporal posee un ritmo independiente, y al independizarse desciende al mínimo al inicio del sueño, no al final.

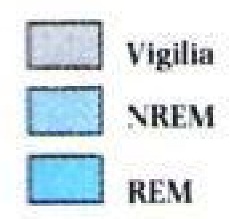


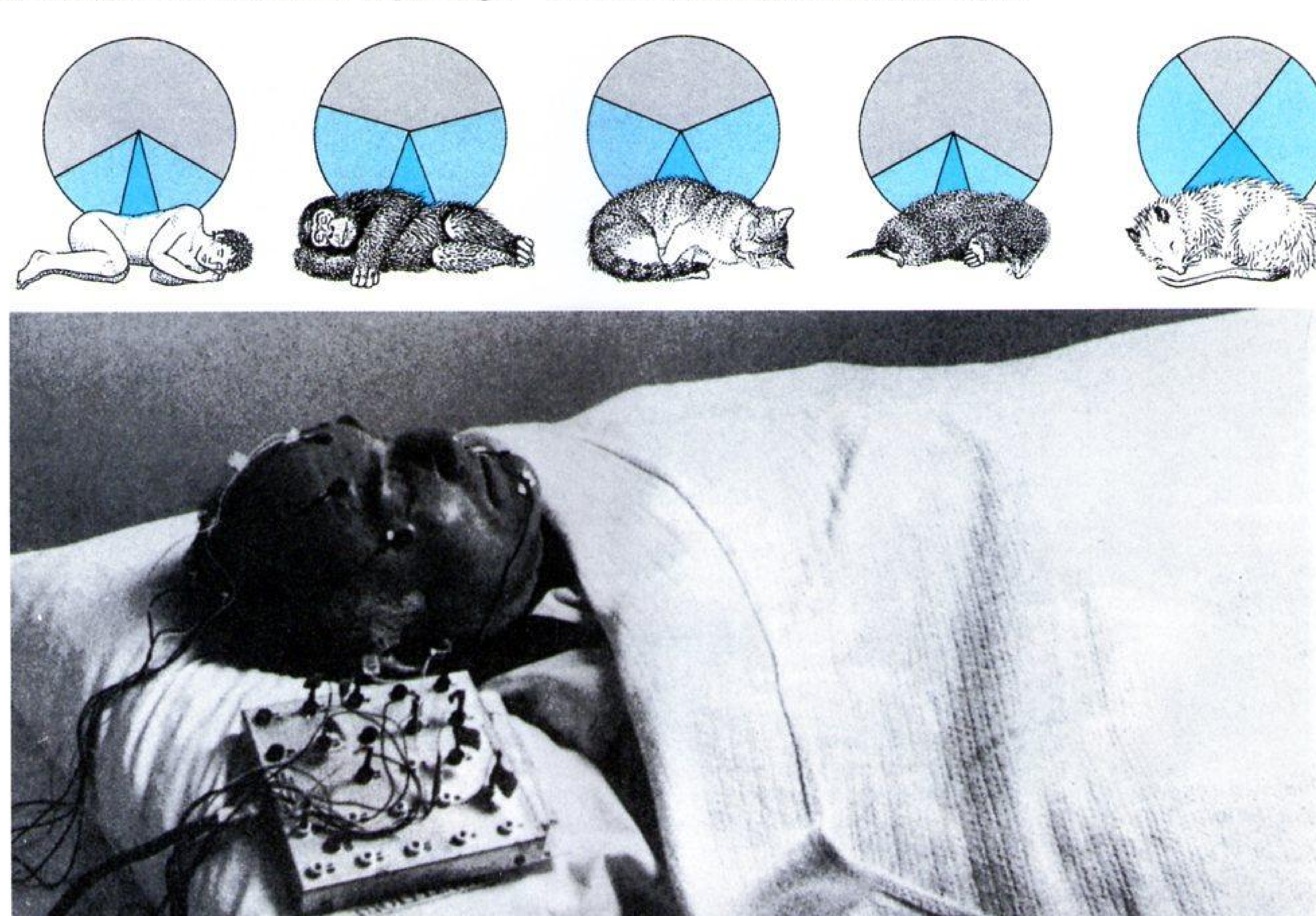
Para poder refrendar aún más la relación entre los hemisferios cerebrales y las fases de sueño se necesitaba más datos, aportados por gente que estuviera dispuesta a actuar como sujetos de experimentos que implicaban no sólo un control, sino muchas noches molestas. Cuando se despertaba a propósito a esas personas de un sueño continuo, bien en la fase REM o en la NREM, describían diferentes tipos de sueño. Al despertarse de un sueño REM, los voluntarios describían sueños asociados con imágenes visuales claras y específicas, en las que la realidad aparecía distorsionada.

Por el contrario, los individuos que emergían de un sueño NREM hacían referencia a un tipo de sueño recordado con más dificultad, que no se ajustaba fácilmente a la noción corriente de los sueños. Estos sueños NREM son menos extraños, menos vividos, más sensatos y racionales que los REM. Un buen ejemplo lo constituiría aquel en que una persona aparece angustiada por un examen. En otras palabras, sin involucrar para nada las interpretaciones freudianas o de cualquier otro tipo que pudieran aplicarse al contenido de nuestros sueños, éstos presentan un tipo de dualismo que se adecúa a la suposición de que nuestro sueño está controlado alternativamente por los lados izquierdo y derecho de nuestro cerebro. Todos los vertebrados se nos parecen en lo de tener un cerebro dividido en dos mitades simétricas por una línea que iría desde la nariz a la cúspide de la espina dorsal; habiéndose demostrado que muchos otros mamíferos aparte del hombre poseen ciclos de REM/NREM.

Recientemente, los científicos conductistas han apuntado otra fascinante dimensión del ciclo REM/NREM; en concreto, que es posible que el ritmo mental adecuado de 100 minutos no esté limitado a las fases de sueño de nuestra vida. Parecen existir algunos indicios de que los lados derecho e izquierdo de nuestro cerebro dominan también alternativamente durante las horas de vigilia. Minuciosos registros de la fisiología humana diurna parecen indicar que existen ritmos de 90 a 110 minutos, referidos a atributos humanos tales como la frecuencia del pulso, la capacidad de mantenerse al acecho de un acontecimiento específico pero improbable, y el contenido fantástico de nuestros ensueños diurnos.

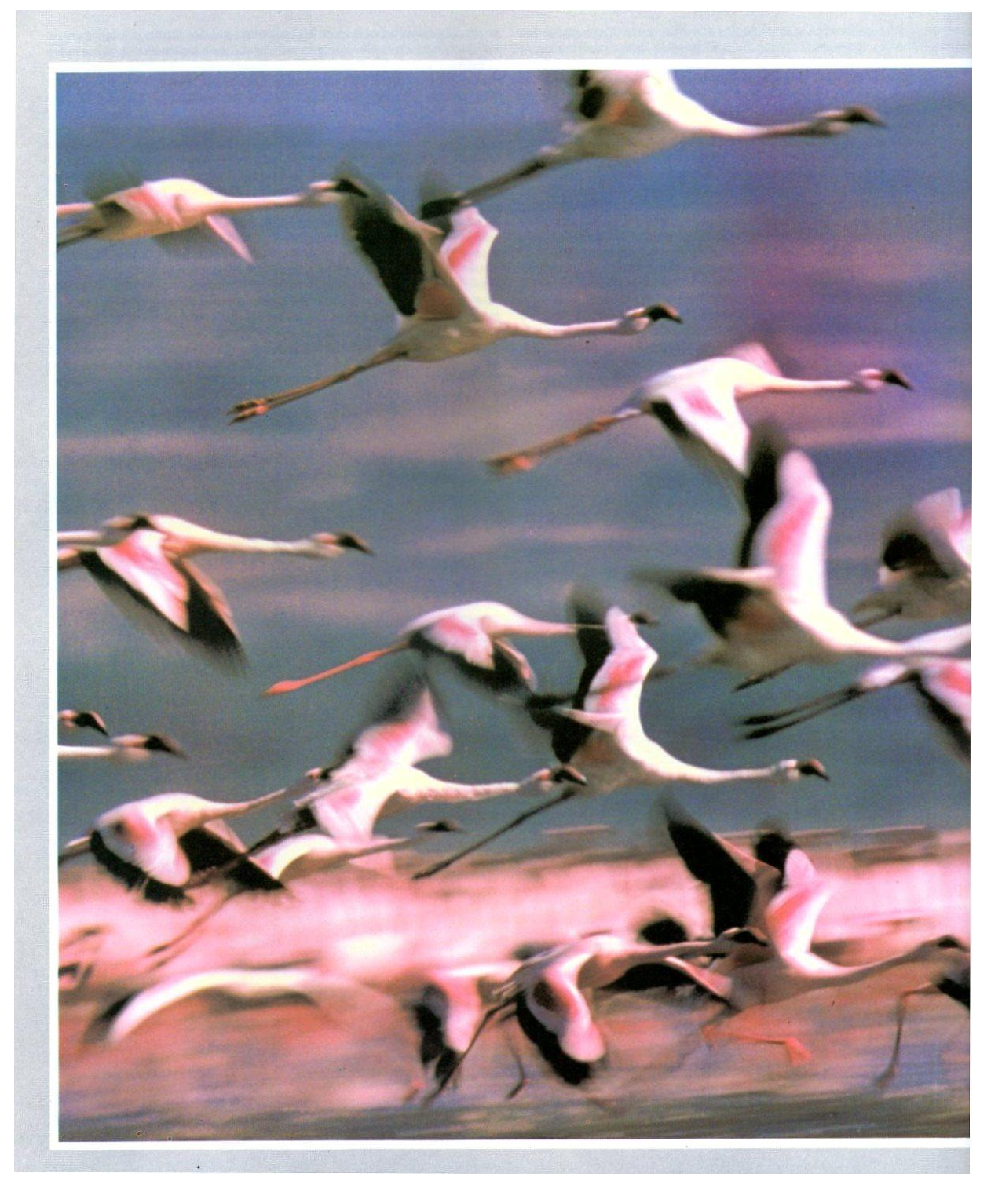
Según estas ideas, unos investigadores canadienses reclutaron voluntarios dispuestos a llevar a cabo dos tipos de tareas durante sus períodos de vigilia. El primer tipo estaba muy orientado hacia problemas de resolución visual, no verbal, mientras que el segundo mantenía estrechos vínculos con problemas lingüísticos escritos. Los resultados fueron muy interesantes, pues se descubrieron oscilaciones significativas de 90 hasta 100 minutos en la eficacia con que se realizaban ambos tipos de tareas. Y lo que es aún más interesante, que mientras mejoraba la actuación de uno de los tipos, la otra disminuía. Parece pues de sentido común hacer una pequeña pausa cuando uno siente que su ejecución decae, o pasar un problema para retomarlo una o dos horas después: puede ocurrir que para entonces el cerebro se encuentre de nuevo en la fase correcta para dar con la solución rápidamente. Resulta así que somos más rítmicos de lo que suponemos, pues cada vez parece más seguro que las dos mitades de nuestro cerebro se pueden relevar rítmicamente en una parte importante del control mental total, tanto en las horas de sueño como en las de vigilia.

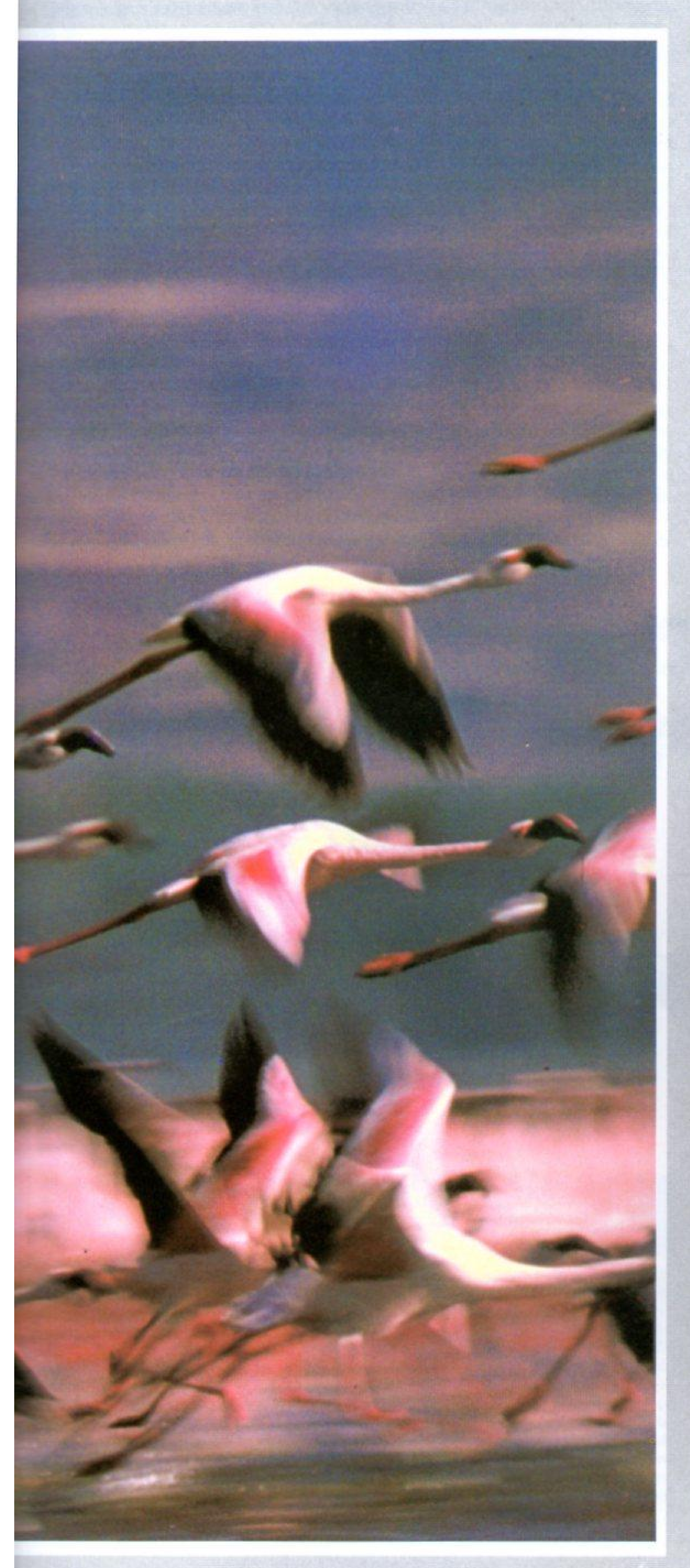




El campeón de sueño mundial parece ser el oposum que duerme 19 h. al día, de las cuales 5,7 h. corresponden a sueño REM. Las tortugas no presentan sueño REM, y éste representa sólo un 1% del sueño de los pájaros. En algunos mamíferos como el topo, el gato, el chimpancé y el hombre, el sueño REM representa el 25% del total, mientras que en las ovejas corresponde sólo a un 3%. Los humanos, no obstante, duermen menos que la mayoría de los animales.

Los electroencefalogramas (EEG), *derecha*, registran las frecuencias eléctricas de diferentes partes del cerebro. Se utilizan para seguir el desarrollo de algunos de los ritmos internos de sueño. Al identificar las etapas individuales ha sido posible discernir los efectos de la carencia, y por tanto la función de cada una de las fases de sueño. Una acusada falta de sueño REM puede provocar trastornos emocionales e incluso alucinaciones, lo que sugiere que éste contribuye a mantener un equilibrio psicológico. La falta de sueño, sin embargo, se suele compensar durante la noche siguiente.





Ritmos del movimiento

El movimiento es un imperativo animal. A diferencia de las plantas, que llevan una vida sedentaria, casi todos los animales tienen la capacidad de desplazarse, bien por el aire, bien por el agua o incluso por el suelo, para procurarse alimentos o aparearse. Dado que la locomoción es un atributo básico de los animales no es de extrañar que presente una gran variedad de patrones. Asimismo, y puesto que el espacio vital ejerce un condicionamiento sobre el animal, una locomoción eficaz requiere la acción repetida de varios actos cíclicos, cada uno de los cuales produce un pequeño desplazamiento y cuya continua uniformidad convierte a la locomoción en un proceso esencialmente rítmico.

De todos los ritmos vitales es el del movimiento uno de los más evidentes y manifiestos. Estos ritmos se producen con mucha rapidez —a menudo mucho más rápido de lo que el ojo humano es capaz de seguir— y son generalmente agradables, tanto desde un punto de vista estético como intrínseco. ¿Existe acaso algo más placentero a la vista que el tranquilo aleteo de un majestuoso cisne o los saltos acompasados de un grupo de marsopas conduciendo un barco a puerto?

Algunos ritmos de locomoción son más comprensibles que otros, y pueden explicarse en un lenguaje físico pero, en cualquier caso, representan uno de los más hermosos ejemplos de adaptación funcional en los animales.

Durante millones de años de evolución, el ritmo de movimiento se ha ido acoplando según el modelo marcado por el desarrollo y las necesidades físicas de cada especie.

El poder de la evolución ha simplificado también los ritmos de locomoción. Cada ciclo de propulsión es eficiente al máximo, y a menudo un ciclo conduce al siguiente con una superposición, de manera que la inercia del cuerpo en movimiento es utilizada hasta el máximo de su capacidad. En el intento de maximizar la eficiencia, el contrapeso juega un importante papel. Así, las patas, las alas y a menudo la cola o el cuello se mueven en una determinada dirección para ayudar a mantener el equilibrio del animal, o para inclinarlo hacia adelante de modo que su centro de gravedad caiga dentro de la base formada por los miembros.

Ritmos aparentemente torpes, como, por ejemplo, el andar oscilante del camello, son muy eficientes en cuanto al uso de energía y altamente adecuados a la estructura física del animal y a su medio ambiente. Mientras que algunos animales utilizan la misma forma de locomoción independientemente de la rapidez, otros cambian su paso según la velocidad a la que se desplacen. Así, en el hombre, correr se diferencia muy poco de andar: en ambos casos el pie izquierdo sigue al derecho, y los brazos cuelgan para mantener el equilibrio, pero el caballo tiene una simetría de movimiento al andar que pierde al iniciar el galope. Comparado con muchos mamíferos, el hombre utiliza un medio de locomoción poco especializado, consiguiendo un rendimiento mediocre. Pese a esto, un hombre puede correr o andar decenas de millas, simplemente manteniendo un ritmo. Los mejores atletas afirman que esto es fundamental para conseguir el éxito en la pista y que cualquier interrupción, por ejemplo una punzada o un calambre, puede ser desastrosa.

El hombre será capaz de correr, pero lo que evidentemente no puede hacer es volar. Sus máquinas voladoras, aunque respaldadas por la acción rítmica y mecánica de los motores, no constituyen una imitación de los patrones de los pájaros, y son por tanto mucho menos eficientes. Del mismo modo, sus barcos son pobres intentos de imitar a sus equivalentes animales. Al trasladar el ritmo de un motor al ritmo rotativo de una hélice aérea o marina, se pierde mucha energía y la forma de las máquinas humanas ofrece una mayor resistencia. Cuanto más sabemos del diseño de máquinas, más nos maravillamos ante la naturaleza, que ha resuelto todos estos problemas de modo tan elegante hace millones de años.

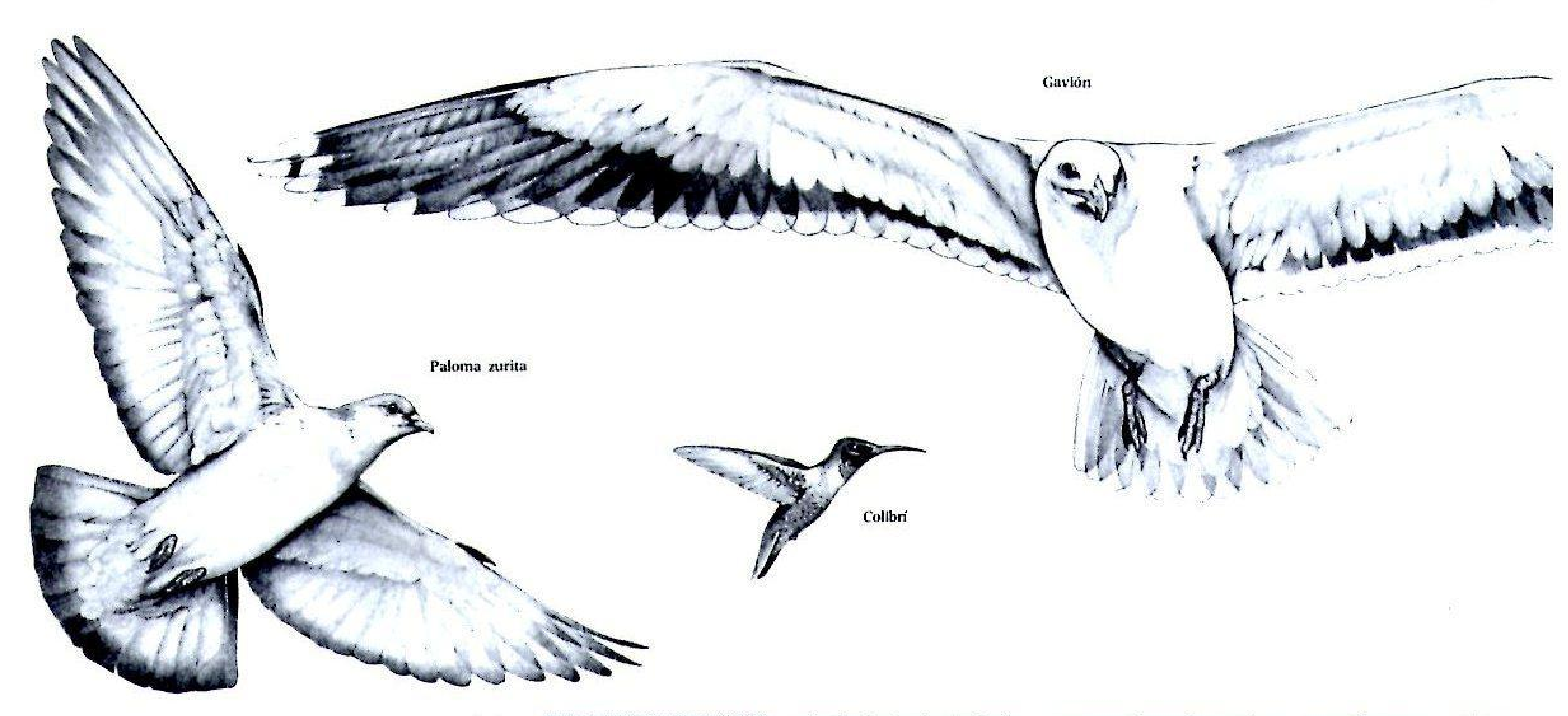
Desde el lánguido aleteo de la cigüeña al zumbido irritado del avispón, el movimiento rítmico de las alas proporciona a los animales la capacidad de volar. El hombre, siempre maravillado ante este fenómeno, ha hecho durante siglos numerosos intentos de imitar a los pájaros pero siempre sin éxito. Acoplando alas a sus brazos, los hombres-pájaro intentan volar agitándolos desesperadamente, pero en vano.

Para que cualquier objeto —ya sea un avión, un pájaro o un cohete de papel— pueda desplazarse por el aire, la fuerza de gravedad que tiende a empujarlo hacia el suelo tiene que verse contrarrestada por otra fuerza contraria de al menos la misma intensidad, la fuerza de sustentación; y cuanto más pesado sea el objeto, mayor fuerza se necesita para mantenerlo en el aire. Pero permanecer inmóvil en el aire resulta poco útil tanto para los animales como para el hombre, y además, la fuerza de sustentación no puede normalmente ser generada por un organismo o una máquina inmóviles. De ahí que cualquier ser volador necesite la fuerza de la propulsión para avanzar hacia adelante. Cuanto más rápido haya de ser el vuelo, más fuerte deberá ser este empuje. Como cualquier fluido, el aire tiene una cierta densidad que ofrece una resistencia al atravesarlo. Por supuesto, el aire es menos denso que el agua o que, por ejemplo, la melaza, pero tiene el suficiente espesor como para dificultar el avance de las alas, por lo que la fuerza propulsora tiene que ser al menos tan intensa como la de este obstáculo o resistencia. Estas tres fuerzas, las de sustentación, propulsión y resistencia son la base de la física del vuelo y cualquier objeto volador, ya sea natural o artificial, tiene que obedecer sus reglas.

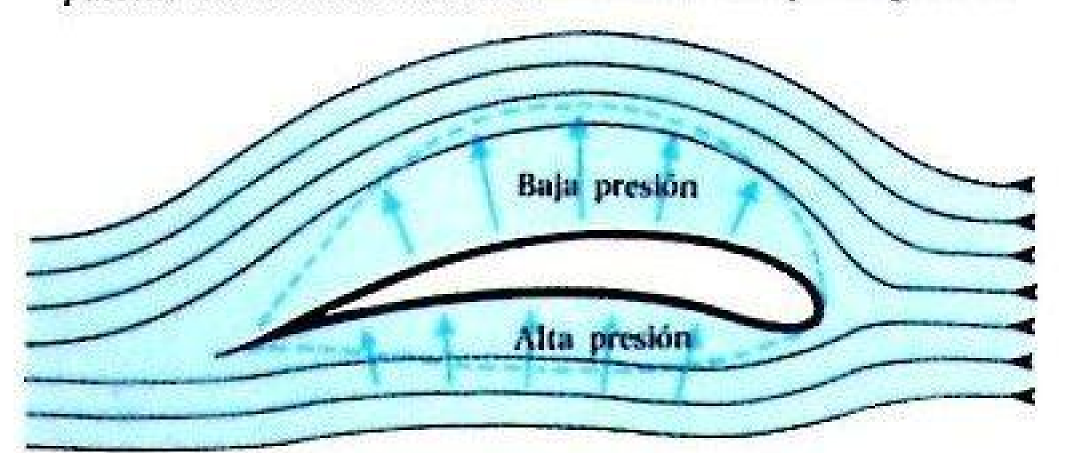
Los animales se diferencian de los aparatos fabricados por el hombre en que una simple estructura —el ala— les facilita tanto la fuerza de sustentación como la de propulsión, ambas necesarias para volar y mantenerse en el aire. El ala de un pájaro consta esencialmente de dos partes: la parte interna desde el «codo» hasta la «muñeca» y de la parte externa de la «muñeca» a «la punta de los dedos», y es la parte interna la que actúa como superficie sustentadora. En un corte transversal tiene el mismo aspecto que el ala de un avión, con un borde de ataque despuntado, una superficie superior curvada, una inferior cóncava y un borde de salida delgado. A medida que el ala es impulsada, el aire que choca contra el borde de ataque se desvía en dos direcciones. Una parte sube por encima del ala y otra se desliza por debajo. El aire desviado hacia arriba se desplaza por encima del ala y produce una ligera aspiración sobre la superficie superior. Para liberarse de ésta, el ala tiende a ascender, creando así la fuerza de sustentación.

La mecánica del vuelo es complicada por el hecho de que el aire no circula libremente por encima del ala, sino que forma remolinos. El rendimiento del vuelo depende del ángulo de ataque entre el ala y la dirección en que vuela el pájaro. Si este ángulo es demasiado grande, los remolinos son mayores. A medida que el pájaro vuela más rápido, los remolinos van desapareciendo, pero si vuela despacio éstos anulan la aspiración y hacen desaparecer la fuerza de sustentación, con una pérdida de velocidad brusca. Para salvar este obstáculo de la pérdida de velocidad en el aterrizaje y el despegue, los pájaros sacan un penacho de plumas del borde de ataque del ala, que ayuda a dispersar los remolinos.

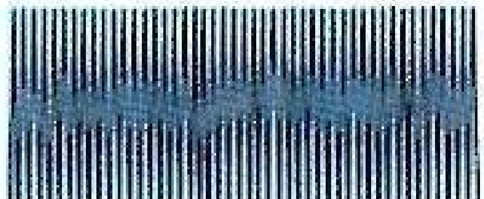
Mientras aletea en un ciclo repetido de movimientos, el pájaro tiene que contar en todo momento con una fuerza de sustentación que



La frecuencia del aleteo es inversamente proporcional al tamaño del pájaro. La del pequeño colibrí es de 100 veces por segundo, mientras que una gaviota grande mueve las alas dos veces por segundo. La corneja y la paloma tienen una media de 6 a 12 ciclos por segundo.



El aire viaja más rápido por encima que por debajo del borde anterior del ala. La bolsa de baja presión que se origina absorbe el aire, por lo que el pájaro se eleva.



La frecuencia del aleteo del colibrí de 100 veces por segundo continúa siendo un misterio, ya que cada ciclo requiere dos contracciones musculares de 10 milisegundos de duración cada una. Estos pequeños pájaros se mantienen suspendidos en el aire, mientras sus alas producen la sustentación del aleteo ascendente y descendente.

La paloma es un volador fuerte y versátil que se adapta a una gran variedad de condiciones ambientales. En un vuelo normal la frecuencia de aleteo es de 12 a 14 veces por segundo, pero a grandes velocidades disminuye la intensidad y la frecuencia. La paloma mensajera mantiene velocidades de 160 km. por hora.



Las cornejas, de vuelo lento pero potente, cubren largas distancias batiendo sus anchas alas a un ritmo de 6 a 8 veces por segundo. Para evitar pararse a bajas velocidades extienden el borde de las plumas primarias, lo que permite el paso de aire de alta presión a través del ala, disipando los remolinos.

La gaviota contrae lentamente los músculos del vuelo, limitando el movimiento de las alas a dos veces por segundo. Esto le permite cruzar el océano con negligencia a una velocidad de unos 55 km. por hora. Una superficie de ala de 1.000 cm² facilita el planeo en los intervalos entre uno y otro aleteo.

contrarreste la fuerza de la gravedad. La parte externa del ala facilita la propulsión de un modo rítmico. Los dos factores clave de la propulsión son la articulación movible de la muñeca, que permite que las plumas de la parte externa del ala giren tanto hacia afuera que puedan batir casi hacia adentro, y la forma asimétrica de las plumas primarias. Mientras el ala es impulsada, describiendo la figura de un ocho, la muñeca se dobla hacia adelante y hacia atrás facilitando el máximo contacto entre las plumas primarias en el aleteo descendente, y el mínimo en el aleteo ascendente, exactamente del mismo modo en que un remero alza los remos, girándolos al tiempo que propulsa las palas hacia delante para un nuevo golpe de remo. Justo al terminar el movimiento ascendente, la presión del aire en las plumas primarias asimétricas las hace girar, y cuando comienza el movimiento descendente van desplazándose hacia atrás. Así se lleva a cabo la propulsión. El ritmo del aleteo del pájaro está sincronizado con su ritmo de respiración.

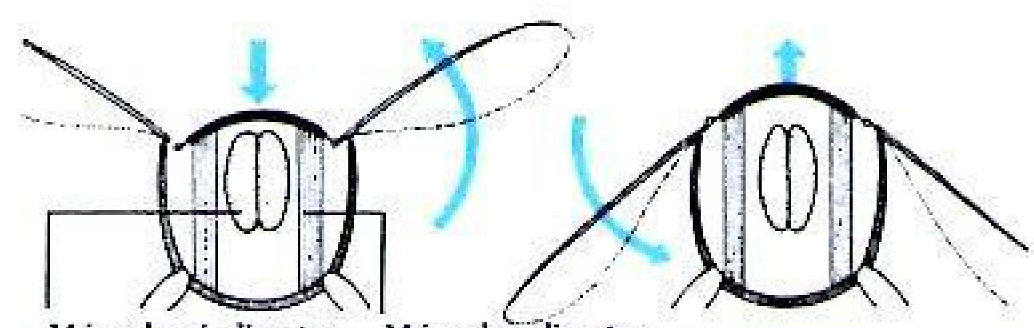
La mayoría de los pájaros vuelan manteniendo el cuerpo horizontal, pero una conocida excepción a esta regla es el caso del pequeño colibrí, cuando revolotea delante de las flores. El colibrí domina la técnica del vuelo hasta tal punto que sus revoloteos son un desafío a la precisión del mejor piloto de helicópteros. Es capaz de mantener su cuerpo en una posición tan vertical que el aleteo ascendente y descendente de sus alas se convierte más bien en un aleteo hacia adelante y hacia atrás. La parte de la «mano» del ala del colibrí es mucho más larga que la de otros pájaros. Dado que la «muñeca» es la que proporciona la flexibilidad, el ala del colibrí tiene pues una mayor longitud flexible. En el revoloteo, la extremidad del ala describe la figura simétrica de un ocho en cada ciclo, proporcionando el movimiento hacia adelante, y hacia atrás la fuerza de sustentación. La propulsión producida por el movimiento hacia adelante es contrarrestada por la producida por el movimiento hacia atrás. La combinación de fuerzas generadas mediante todo el ciclo se convierte en una eficaz fuerza de propulsión, pero el menor cambio producido en la energía suministrada al movimiento de cada una de las alas es suficiente para que el pájaro cambie de posición.

Cada aleteo del colibrí se efectúa mediante la contracción de los enormes músculos de las alas —que suponen como un 40% del peso de su cuerpo— y mediante la repetición rápida del ciclo, a menudo con una frecuencia de 80 veces por segundo. La contracción de cada fibra muscular es provocada por una señal del nervio, pero la rapidez de los impulsos nerviosos y de las contracciones musculares sigue siendo un misterio. La frecuencia del aleteo del colibrí, aunque notable en términos aviarios, es lenta si se compara con algunos insectos. La mosca enana puede mover las alas a la increíble velocidad de 1.000 veces por segundo, pero el control de este ritmo difiere bastante del del colibrí. Los impulsos nerviosos no pueden trasmitirse a semejante velocidad, y lo que hace el insecto es conectar su mecanismo de vuelo a un «piloto automático».

Los insectos se diferencian de los voladores vertebrados, como los pájaros, en que tienen esqueleto en la parte exterior del cuerpo y las alas son meras extensiones de dicho esqueleto, cuya cutícula flexible puede doblarse mediante la acción muscular, desvaneciéndose la energía generada por este esfuerzo a través de las alas. Además, una vez puestos

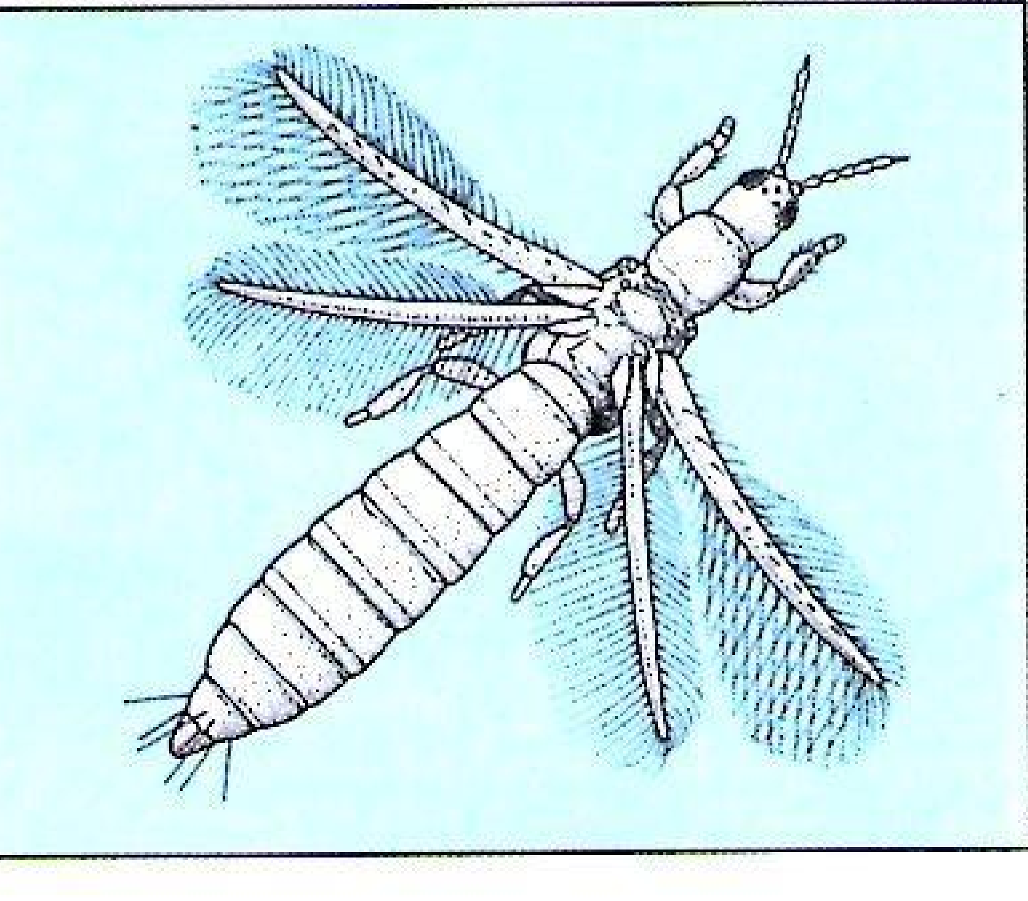


Los extremos del ala de la paloma trazan la figura de un ocho en cada ciclo de aleteo. Las alas, completamente extendidas hacia atrás, son impulsadas hacia adelante y hacia abajo por los poderosos músculos pectorales (1). A mitad del recorrido descendente, la presión hace girar el extremo del ala (2), que genera la propulsión a medida que se desliza hacia adelante (3). Para recuperarse, la muñeca y el codo se flexionan (4) y el hombro gira (5) para levantar el ala, echándola hacia atrás para el siguiente impulso descendente.



Las alas de los insectos pequeños experimentan 1.000 vibraciones por segundo. Tales frecuencias sobrepasan el control nervioso y muscular, y son generadas por pulsaciones del cuerpo del insecto. La contracción de los músculos indirectos de vuelo distorsiona el esqueleto, forzando a las alas hacia abajo. Una vez activado, dicho mecanismo se autorregula, estimulado por algún impulso nervioso ocasional.

Las libélulas están dotadas de dos pares de alas que mueven a una frecuencia de 25 veces por segundo, bajo el control de los músculos directos unidos a la base del ala, sistema utilizado por la mayoría de los insectos de cuerpo grande. Las libélulas aletean cuando persiguen alguna presa.



Los diminutos y delicados thisapópteros parecen hechos más para ser arrastrados por el viento que para volar. Antes de lanzarse al vuelo en zigzag, curvan ligeramente sus alas emplumadas con las patas traseras. Una vez en el aire, las alas se extienden revoloteando rítmicamente, el tiempo suficiente para mantenerse elevados en el aire.

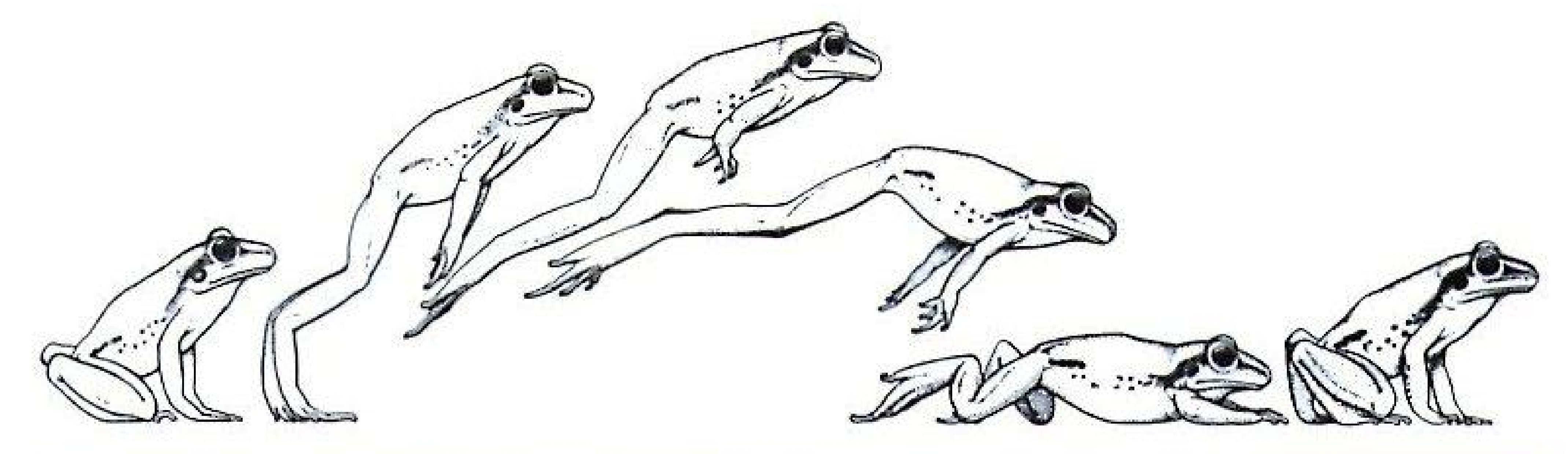
en movimiento, los músculos del vuelo producen sus propios impulsos, desviando así los centros nerviosos superiores del cerebro. El resultado es una rápida fibrilación, que puede alcanzar un índice de frecuencia extraordinario. Pese a los diferentes mecanismos, el vuelo de los insectos es, desde un punto de vista aerodinámico, similar al vuelo de los pájaros, habiéndose adaptado algunas especies a modos de vida que requieren vuelos rápidos, lentos o revoloteos.

Aunque muchos animales emplean los ritmos de vuelo para desplazarse de un lugar a otro, pocos utilizan los ritmos de saltos. Muchos pequeños insectos, tales como pulgas y colembolos, saltan para escapar a la vista de sus predadores, pero un simple salto no tiene nada de cíclico ni rítmico. El movimiento mediante saltos rítmicos, o más exactamente la locomoción a saltos, ha sido perfeccionada por un cierto número de mamíferos, entre los que destacan los canguros y algunos anfibios. El salto sólo resulta eficaz si el cuerpo es largo; la rana común debe ser uno de los saltadores más pequeños, e incluso este animal ha desarrollado ciertas adaptaciones anatómicas para aumentar la longitud de su cuerpo.

El tipo de salto menos eficaz es el de la rana. Cada ciclo tiene un comienzo y un final claramente definidos y no conduce de modo natural al siguiente. Partiendo del suelo, con la cabeza alzada formando un ángulo de unos 45 grados, un simple impulso de las patas traseras lanza el cuerpo de la rana por el aire. Los miembros anteriores se mantienen apuntando hacia atrás, y en el punto máximo del salto, la rana tiene una cierta estabilidad aerodinámica. A medida que inicia el descenso, las patas delanteras se adelantan y extienden, ya que serán la primera parte del animal que tocará tierra. Las patas traseras se adelantan también, de manera que una vez que las cuatro extremidades están sobre el suelo, la rana puede volver a iniciar un nuevo ciclo. Una ventaja de este tipo de salto es que cada uno puede efectuarse en distinta dirección que el anterior, confundiendo así a un posible predador.

Dado que toda la fuerza del salto de la rana proviene del impulso de sus patas traseras, conviene que éstas mantengan el máximo contacto posible con el suelo. La cintura pélvica o cadera de la rana se ha adaptado a esta necesidad, mediante un alargamiento del hueso al que se une el fémur. Además, un cilindro de reforzamiento, el urostilo, recorre longitudinalmente la cintura pélvica y ayuda a convertir el empuje trasero en la cantidad de energía cinética necesaria para impulsar a la rana por el aire. Del mismo modo en que la pelvis está adaptada al salto, el músculo pectoral está reforzado para absorber el golpe del aterrizaje.

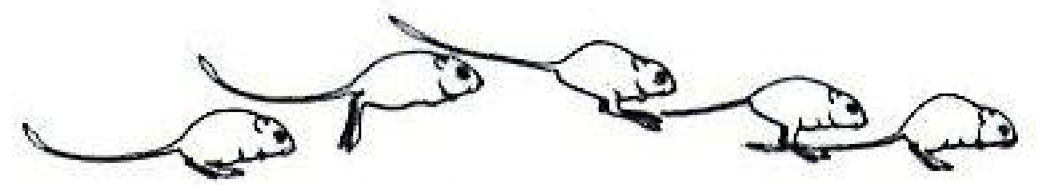
Comparados con los brincos torpes de la rana, los saltos del canguro se caracterizan por una sutil elegancia de movimientos. Con aparente facilidad, un canguro rojo adulto puede cubrir 4,2 m. de trayecto en un solo salto, y puede repetirlo sin parar durante millas. Los canguros sólo utilizan la locomoción a saltos cuando se desplazan a velocidades mayores de 32 km. por hora. A velocidades menores apoyan sus cortas patas delanteras en el suelo mientras que las enormes patas traseras se van deslizando. La gran cola parece constituir un obstáculo durante un movimiento tan lento, pero al comenzar su ritmo de saltos, la cola empieza a desempeñar su papel. Al inicio de un ciclo, la cola se



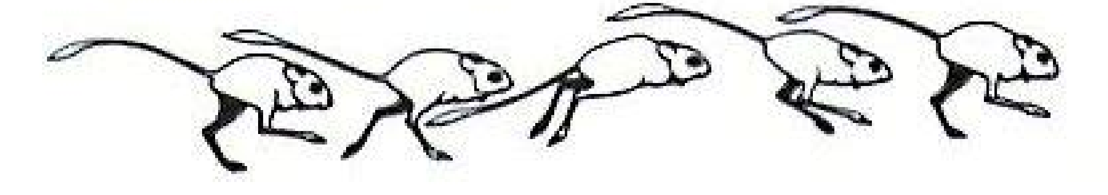
Las patas largas y musculosas de la rana se extienden, impulsándola por el aire en un ángulo de 45°. Al desplegarse del suelo las patas traseras, el cuerpo se halla completamente estirado, proporcionando el hueso de la cadera un mayor alcance longitudinal. En medio del salto, la rana levanta las patas traseras, impulsando las delanteras hacia adelante para parar el golpe. Aterriza y acopla las extendidas patas traseras para el siguiente salto, iniciándose el ciclo de nuevo. A diferencia del canguro, la rana no utiliza el ímpetu del salto anterior, sino que cada uno se efectúa por separado, lo que le permite escapar con mayor facilidad de los predadores.



Los pequeños roedores del desierto encuentran en la locomoción a saltos una perfecta adaptación al medio ambiente, donde la escasez de comida obliga a desplazamientos rápidos y de larga distancia. Este tipo de saltos sobre dos patas propio de la rata canguro y el jerbo, no sólo facilita los saltos sobre la arena, sino que consume mucha menos energía que la carrera a cuatro patas. En estos animales la cola, larga, actúa como contrapeso y timón. El mechón de pelo de la punta facilita el control de la dirección, efectuando cambios de rumbo mediante coletazos. Al aterrizar, la cola del jerbo se arquea para frenar, evitando que el animal se caiga. Las especies de jerbo de mayor tamaño pueden llegar a saltar una altura de 2,4 m. y las patas de las especies más pequeñas parecen producir vibraciones debido a la enorme frecuencia de sus ciclos de movimiento. Las cortas patas delanteras, muy útiles para coger la comida, raramente se utilizan para correr, excepto a velocidades bajas.



La rata canguro salta sobre ambas patas al mismo tiempo. Las patas traseras se extienden para el salto; luego se unen y flexionan ligeramente, al tiempo que se adelantan para el aterrizaje.



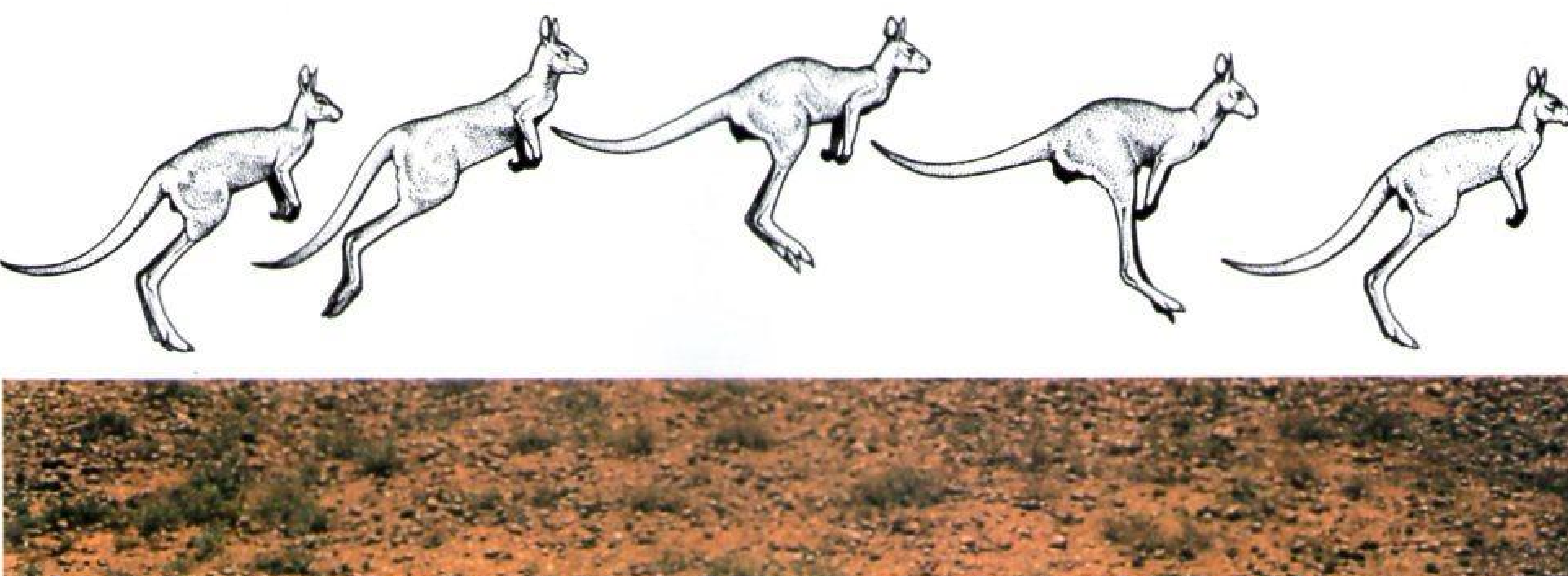
Al saltar, el jerbo se apoya sobre una de las patas traseras; luego avanza hacia adelante dando un paso, antes de saltar hacia arriba con la otra pata trasera.

mantiene erguida detrás del cuerpo; entonces se produce la contracción de los fuertes músculos del muslo —igual que en la rana—, lo que tiende a reforzar las patas y a impulsar al canguro hacia adelante y hacia arriba. Al posarse, el cuerpo se coloca en posición casi horizontal. Dado que la cola mantiene la misma colocación en relación con el cuerpo, ésta es levantada permaneciendo separada del suelo. Actuando a modo de contrapeso, se balancea entonces hacia abajo, impulsando el cuerpo hacia arriba y dirigiendo la fuerza de gravedad hacia atrás; el canguro está entonces preparado para un nuevo salto.

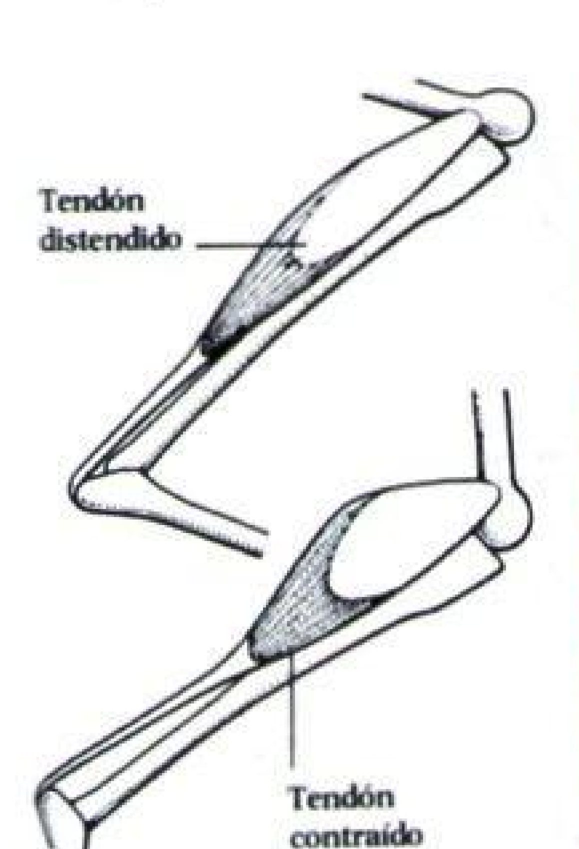
En canguros machos se han registrado velocidades de hasta 55 km. por hora, mientras que las hembras pueden llegar a alcanzar 65 km. por hora en momentos de aceleración. Si se siente perseguida o en peligro, la hembra arroja a veces a su cría fuera de la bolsa, para poder alcanzar mayor velocidad. La bolsa se afloja, y la cría cae dando vueltas sobre el suelo durante algún tiempo, antes de empezar a saltar a gran velocidad. El canguro intensifica su rapidez, aumentando la longitud más que el número de saltos, por lo que no existe un cambio de ritmo marcado al aumentar la velocidad, como ocurre en el hombre, del paso lento a la carrera. La duración del salto se mantiene de este modo constante en una gran variedad de velocidades, aunque disminuye el tiempo sobre el suelo y aumenta el tiempo separado del suelo. La frecuencia de saltos de cada ejemplar viene determinada por la longitud de las patas del animal.

Para poder abarcar la máxima longitud, los canguros —al igual que las ranas— tienen patas largas y dedos prolongados pero, sin embargo, no tienen prolongada la cintura pélvica. Los canguros aventajan a las ranas en que pueden utilizar la elasticidad de los músculos y tendones de las patas como muelles para ser comprimidos y distendidos. Al inicio del salto se necesita una considerable energía para que el canguro se levante y se separe del suelo. Al posarse, los músculos que se habían contraído para iniciar el salto anterior se distienden, y la elasticidad de estos músculos al aflojarse suministra la energía para el ciclo siguiente. Así pues, mediante una ligera contracción de los músculos antes del aterrizaje, se produce al distenderse éstos una tracción que, junto con las fibras del talón de Aquiles y el movimiento pendular de la cola, impulsa al canguro al siguiente ciclo. Recientes estudios sobre la fisiología del movimiento del canguro han demostrado que este fenómeno de acopio de energía tiene un gran rendimiento, necesitando otras especies corredoras mucho mayor desgaste de energía del que tiene el canguro a una determinada velocidad. El hecho de poder desplazarse con tanta facilidad, constituye una gran ventaja para este animal, que puede verse obligado a recorrer 35 kilómetros para beber un poco de agua. Esto explica también el alto índice de supervivencia de los canguros, mientras que sus congéneres cuadrúpedos, tales como los leones marsupiales *Thylacole carniflex* y el zorro de Tasmania *Thylacinus cynocephalus* se extinguieron cuando el hombre se dedicó a la caza con perros en Australia.

Es interesante observar que muchos de los mamíferos que han adoptado el movimiento del salto son especies del desierto, donde escasean la comida y el agua. El jerbo, o rata del desierto, tiene muchos rasgos comunes con el canguro: patas traseras largas y fuertes con tendones elásticos y resistentes y una cola larga que actúa como



La elegancia rítmica y la velocidad caracterizan los movimientos del canguro rojo, *Megaleia rufa*. En un salto puede cubrir 8,1 m., alcanzando una altura de 3 m. y una velocidad de 65 km. por hora. En el aire la cola actúa como contrapeso de la inclinación del cuerpo.





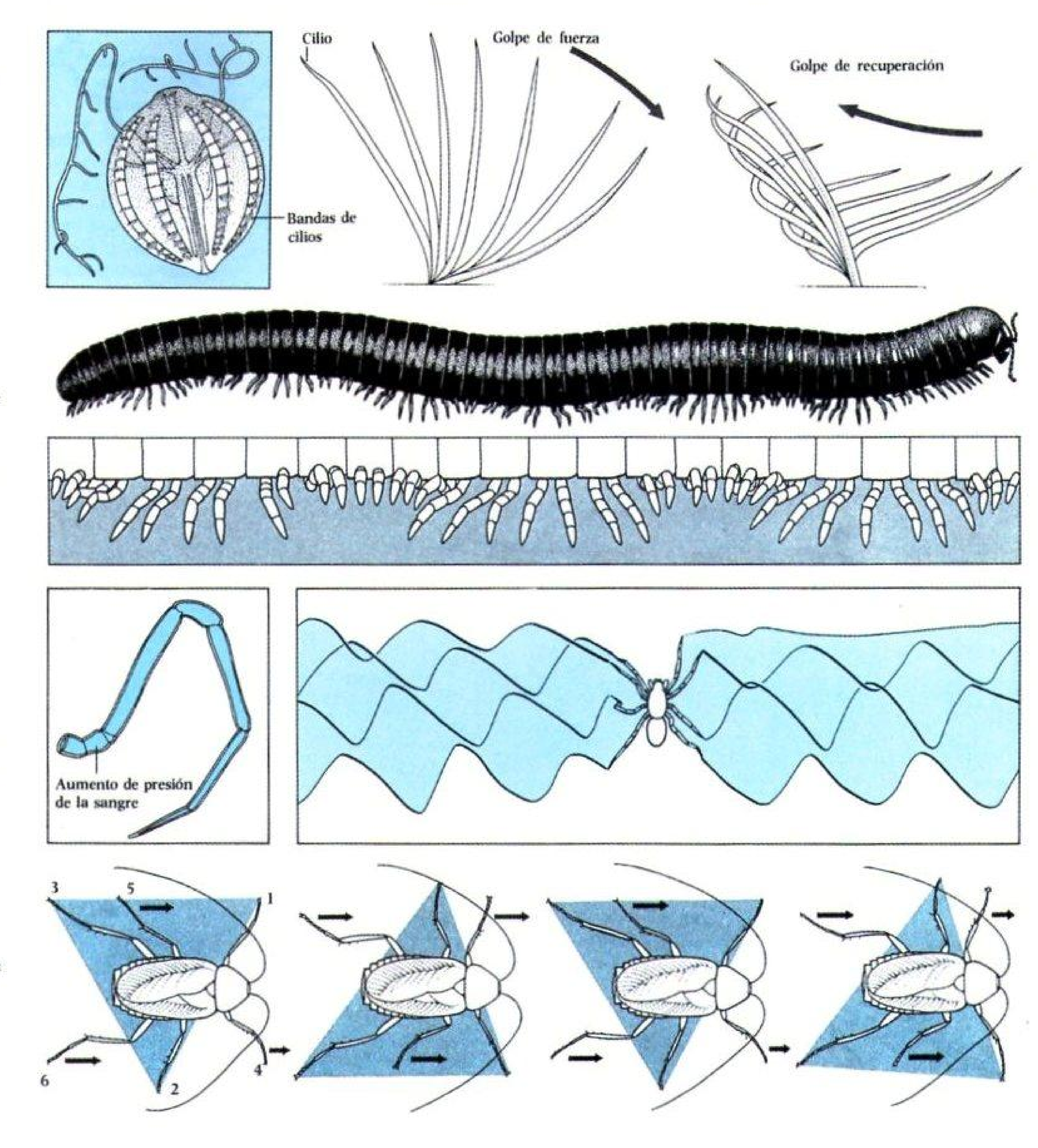
A velocidades de más de 18 km. por hora, el canguro utiliza mucha menos energía que un caballo. Tiene un largo tendón de Aquiles, que va del músculo de la pantorrilla al talón. Al aterrizar, el tendón se contrae ligeramente y luego se distiende. Después se afloja mediante una contracción elástica, proporcionando un impulso de catapulta para el siguiente salto.

contrapeso. Durante el movimiento rítmico del salto, la cola del animal se balancea de arriba abajo, pero si desea cambiar de dirección le basta con sacudirla en sentido contrario al que quiere avanzar; el mechón de pelo que tiene al extremo de la cola actúa como timón o aleta para controlar el rumbo. La liebre saltadora sudafricana tiene aproximadamente el tamaño de la liebre americana o europea, y puede mantenerse saltando infatigablemente durante distancias inmensas de 8 km. o más. Mientras lo hace, la pesada cola sube y baja, compensando continuamente el movimiento rítmico hacia adelante y hacia atrás del centro de gravedad. Para evitar que la cabeza suba y baje constantemente —lo que podría dañar al cerebro— tiene un cuello inflexible, con huesos (vértebras) parcialmente fusionados.

El salto es una técnica de locomoción muy perfeccionada que probablemente surgió a partir del movimiento cuadrúpedo o a cuatro patas. Pero incluso este sistema de locomoción queda restringido a relativamente pocos animales, puesto que la mayor parte de las especies que habitan la tierra tienen más —y algunas incluso muchas más— de cuatro patas. Los invertebrados de movimientos lentos, tales como los milpiés y ciempiés, e incluso los arenícolas marinos, tienen un gran número de pequeñas extremidades. Para avanzar, las ondas de actividad locomotriz pasan de la parte trasera a la parte delantera del animal. Cada pie se apoya y se levanta un poco antes que el anterior, resultando en un movimiento ondulante de las patas, un ritmo retrasado.

La regla de oro de la locomoción terrestre es que cualquier ser con muchas patas que quiera desplazarse a gran velocidad debe reducir el número de éstas destinado al movimiento, de modo que sólo un pequeño número de extremidades esté en contacto con el suelo. Los insectos, que tienen sólo seis patas, pueden alcanzar velocidades mayores que los milpiés o ciempiés. La cucaracha, por ejemplo, avanza cien veces más rápido que un milpiés, alcanzando una velocidad de 4,8 km. por hora, en comparación con los 0,032 km. por hora del milpiés. El movimiento rítmico típico de un insecto se efectúa mediante una alternancia del apoyo triangular de las patas delantera y trasera de un lado y la pata central del otro a la pata central del primer lado y las patas delantera y trasera del otro. El triángulo que se forma en esta acción permite que las patas que acaban de moverse se recuperen y preparen para el siguiente ciclo. A velocidades más altas el patrón cambia, pero no de modo uniforme. Algunas especies se hacen cuadrúpedas, ignorando sus patas traseras, mientras que otras, como los mántidos, cuadrúpedos a velocidades normales, adoptan el movimiento a seis patas. Las arañas utilizan normalmente las ocho patas bien extendidas, para evitar que se enreden unas con otras, y así pueden alcanzar una velocidad de 1,76 km. por hora. Incluso puestos boca arriba, el movimiento de las patas de los insectos será más rítmico que desordenado.

Semejante a las ruedas de un tren, todas circulando sobre la misma vía, las extremidades del milpiés han de seguir los pasos de sus predecesores, ya que todos los pies tienen la misma longitud. La variable longitud de las extremidades de los invertebrados rápidos tales como insectos, arañas y cangrejos permite que cada pie se apoye en un lugar distinto al lugar en que lo hizo el predecesor. Para trasladarse, todos los vertebrados terrestres, es decir los que tienen espina dorsal,



Los ctenóforos, como muchos otros organismos acuáticos, se mueven agitando sus ocho bandas de cilios en una rápida sucesión de ondas. Cada cilio experimenta una rígida inclinación hacia adelante contra el agua un segundo antes que el siguiente, produciendo un golpe de fuerza y doblándose luego hacia atrás para recuperarse minimizando la resistencia al agua. *Extremo derecha.* Cada onda retardada atraviesa la banda una fracción de segundo antes que la siguiente. Visto desde arriba, cada cilio traza un círculo en la dirección de las agujas del reloj, aunque en otros organismos los cilios se mueven en sentido contrario.

El milpiés parece desplazarse en suaves ondulaciones producidas por el movimiento de las patas. En la mayoría de las especies, esta onda avanza por el cuerpo a medida que se alzan cada una de las patas una fracción de segundo antes que la que le precede. Durante la fase de propulsión las patas se extienden para proporcionar un fuerte empuje, agrupándose después al impulsarse hacia adelante. Cada par de patas se mueve al mismo tiempo, y en un determinado momento habrá tantas patas apoyadas sobre el suelo como levantadas. Una media de 38 ondas por minuto atraviesa el cuerpo.

Las patas largas y flexibles de la araña le permiten desplazarse a una velocidad máxima de 1,76 kms. por hora. Dado que los cuatro pares de patas van completamente extendidos, cada una ha de tener una ligera diferencia de longitud para evitar que el animal tropiece. Aunque las patas segunda y cuarta a menudo están sincronizadas, el paso desorganizado de la araña incurre a veces en una secuencia ondulante. Para aumentar la velocidad acelera la frecuencia del paso sin alterar el patrón del movimiento. Las patas se extienden mediante un aumento en la presión hidráulica de la sangre, aunque los músculos las doblen.

El escarabajo, la cucaracha y todos los insectos de seis patas se desplazan sobre un trípode alternando rítmicamente el triángulo de soporte de sus tres patas. La pata central de uno de los lados va siempre sincronizada con las dos patas exteriores del otro. Para mantener el ritmo, los periodos de elevación y apoyo son iguales, y cada miembro lleva un desfase de medio ciclo completo con el de enfrente para evitar enredarse. Este paso triangular hace que el animal se balancee. La velocidad de un insecto está controlada por la temperatura; en ambientes calurosos los músculos se contraen más deprisa.

poseen dos o cuatro extremidades. Comparados con los invertebrados de muchas patas y teniendo en cuenta su tamaño, la capacidad locomotriz de estos animales es mucho mayor. El ritmo de movimiento básico para una especie terrestre como el caballo es esencialmente simétrico; cada pata se alza del suelo en su momento y con la misma duración. El patrón de movimiento de las patas es delantera izquierda, trasera derecha, delantera derecha, trasera izquierda. Visto desde arriba, el lado izquierdo del caballo se refleja en el derecho.

Al aumentar la velocidad del paso al trote hay menos patas en contacto con el suelo en cualquier momento, de modo que el patrón rítmico cambia. Generalmente, las patas trasera izquierda y delantera derecha tocan el suelo al mismo tiempo y se levantan a la vez que la delantera izquierda y trasera se apoyan. Pero la simetría desaparece cuando el trote se convierte en galope. Empieza con la pata trasera izquierda golpeando el suelo, y seguida de la trasera derecha y las dos delanteras en rápida sucesión, impulsando al caballo hacia arriba y hacia adelante. Todas las patas se mantienen fuera del suelo durante unos 3,6 a 4,5 metros. Este período de suspensión en el que el caballo está en el aire, aumenta en efecto la longitud del impulso, y por tanto la velocidad del movimiento.

El retumbar rítmico de las patas de un caballo a galope se da con más frecuencia que el movimiento rítmico y silencioso del leopardo cazador porque, durante el período de suspensión, las patas del caballo se recogen bajo su cuerpo. Durante el período de suspensión del leopardo, las patas se extienden hacia adelante y hacia atrás y su flexible columna vertebral se encorva hacia arriba y hacia abajo, mientras el animal se estira para lograr un impulso de mayor longitud. El conejo y el armiño, entre otros animales, emplean un ritmo ligeramente distinto —el medio salto—, en el que las dos patas delanteras se apoyan al tiempo, seguidas de las dos traseras. Al cabalgar sobre los mamíferos terrestres, el hombre tiene que flexionarse y relajarse al ritmo del movimiento de subida y bajada del lomo y del constante desplazamiento del centro de gravedad. Incluso los jinetes expertos encuentran difícil cabalgar sobre camellos, dado que —como las jirafas, hienas y algunas otras especies con el lomo inclinado— estos animales avanzan primero las dos patas de un lado y luego las dos del otro. La jirafa tiene un galope desgarbado —impidiéndole su enorme tamaño alzarse del suelo durante más de un instante— balanceando su largo cuello hacia adelante y hacia atrás, dos veces en cada impulso, y adelantando el centro de gravedad de acuerdo con el movimiento de las patas. Debido a su enorme tamaño, la máxima velocidad que puede alcanzar es de poco más de 55 km. por hora.

La utilización de la locomoción bípeda para andar y correr —método empleado por el hombre— es un medio minoritario en el reino animal, pero particularmente fascinante por tratarse del sistema humano. La posición erguida del cuerpo sobre dos extremidades implica que el período de suspensión durante el ciclo de la carrera puede prolongarse alcanzándose así una gran velocidad. Sin embargo, no es éste el único factor decisivo, pues la rapidez depende también de la flexibilidad de la columna, la longitud del impulso y la proporción fuerza-masa.

Entre las aves, el avestruz, el emú y el casuario están adaptados a la locomoción bípeda, lo mismo que el moas, de Nueva Zelanda, que se

El paso lento y rítmico del caballo sigue un patrón simétrico y regular de elevación de las patas traseras y delanteras de lados opuestos. A velocidades normales hay tres patas en contacto con el suelo al mismo tiempo. Este ritmo se manifiesta en el jinete que sube y baja dos veces en cada ciclo.

Al cambiar de paso a trote cambian el patrón y la frecuencia del movimiento. Las patas diagonalmente opuestas se mueven al tiempo, variando de la fase de elevación a la de apoyo, de modo que siempre hay dos patas que tocan el suelo. La cabeza, alzada, proporciona equilibrio y estabilidad.

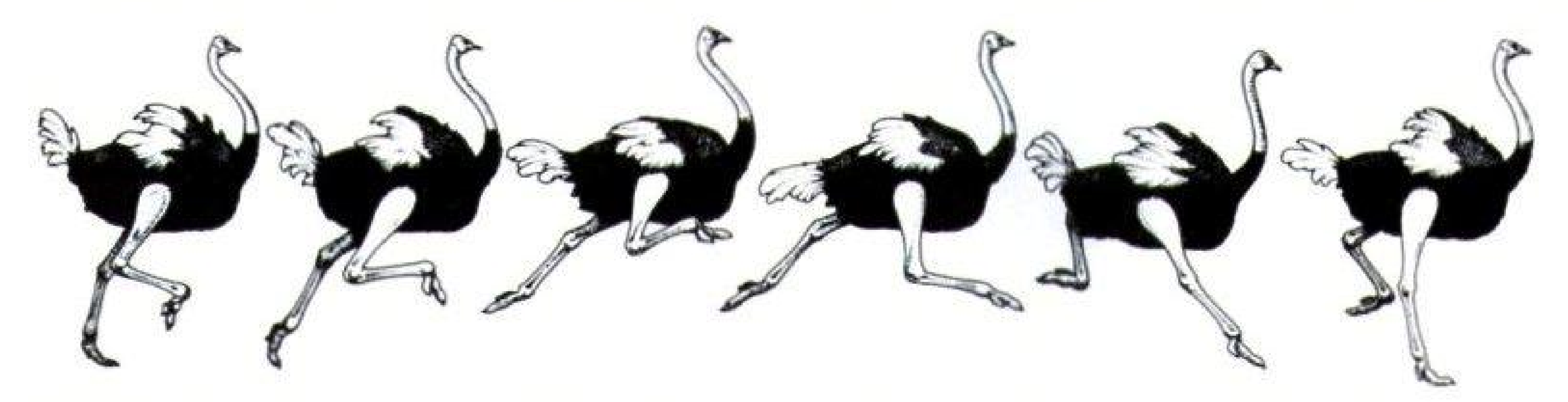
Durante el ciclo de galope, el caballo se halla suspendido en el aire. Al apoyarse en una pata, los ligamentos se extienden para soportar el impacto, *abajo*, antes de que las otras sigan en rápida sucesión. El jinete debe moverse al unísono para mantenerse sobre el asiento.



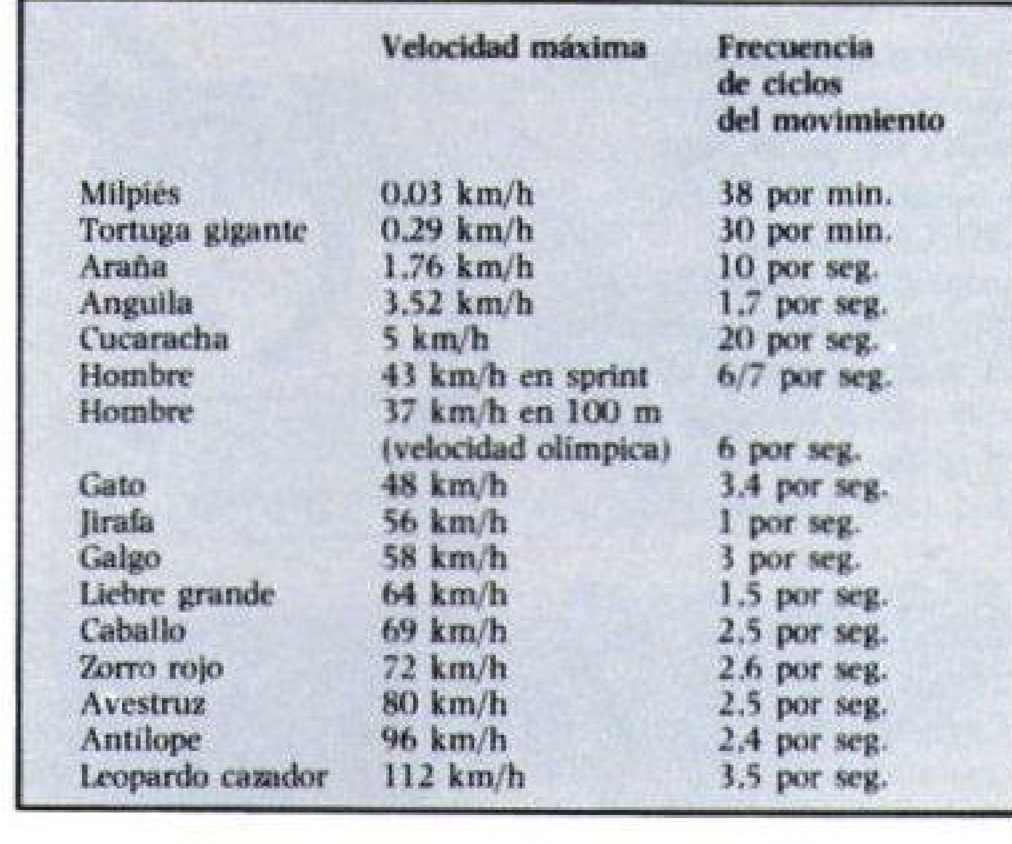
extinguió hace 300 años. El avestruz es la más veloz de las aves corredoras existentes en la actualidad, atribuyéndosele velocidades de 80 km. por hora o más. En proporción con el tamaño de su cuerpo, sus patas son extremadamente largas, lo que le permite dar largas zancadas, y sus rodillas flexibles facilitan la elevación de las patas. Tiene también un cuello largo que actúa como contrapeso en el movimiento ondulante producido por la elevación primero de una pata y luego de la otra. Corren sin aparente esfuerzo, casi como si se deslizasen sobre ruedas. Esto es debido a que los movimientos compensatorios, en el ciclo de acción de las patas, reducen al mínimo el balanceo y los bandazos. Aparte de la función de contrapeso del cuello, las patas son largas y flexibles. Igual que las de los caballos, tienen fuertes ligamentos elásticos que amortizan el golpe del aterrizaje y proporcionan fuerza para el siguiente impulso, pero mientras que el caballo adopta un ritmo asimétrico al pasar de trote a galope, el avestruz aumenta simplemente la frecuencia de su ciclo simétrico.

También en posición erecta sobre dos extremidades, el hombre no está tan adaptado como el avestruz al movimiento rápido. Sin embargo, puede ejecutar otras acciones fuera del alcance del avestruz. El ritmo del paso del hombre es el que evita que se caiga de bruces. A medida que camina, cada impulso comienza por la relajación de los músculos de la pantorrilla y la inclinación del cuerpo hacia adelante bajo la influencia de la gravedad. Esta inclinación desplaza el centro de gravedad hacia adelante, fuera de la base formada por los pies. Si no se hiciese nada por corregir esto, el cuerpo caería; por eso el hombre avanza un pie para ensanchar la base y recuperar el centro de gravedad desplazado. A medida que efectúa este movimiento, la pelvis gira y muchos músculos actúan recíprocamente para mentenerlo en equilibrio. Entonces la pierna que está detrás facilita la propulsión utilizando la energía muscular que se trasmite primero a la eminencia metatarsiana del pie y luego al dedo gordo, terminando así la fase «posicional» del ciclo. Al avanzar la pierna de atrás comienza la fase de «acción». Ayudado por la pierna doblada a la altura de la cadera, de la rodilla y del tobillo, el pie se eleva del suelo, estirándose de nuevo justo antes de la pisada. El tobillo permanece doblado, de modo que el primer contacto con el suelo se realiza por el talón. Este movimiento cierra la fase de acción y abre una nueva fase de posición, en la cual el punto de contacto entre el pie y el suelo se desplaza del talón a la punta del dedo gordo.

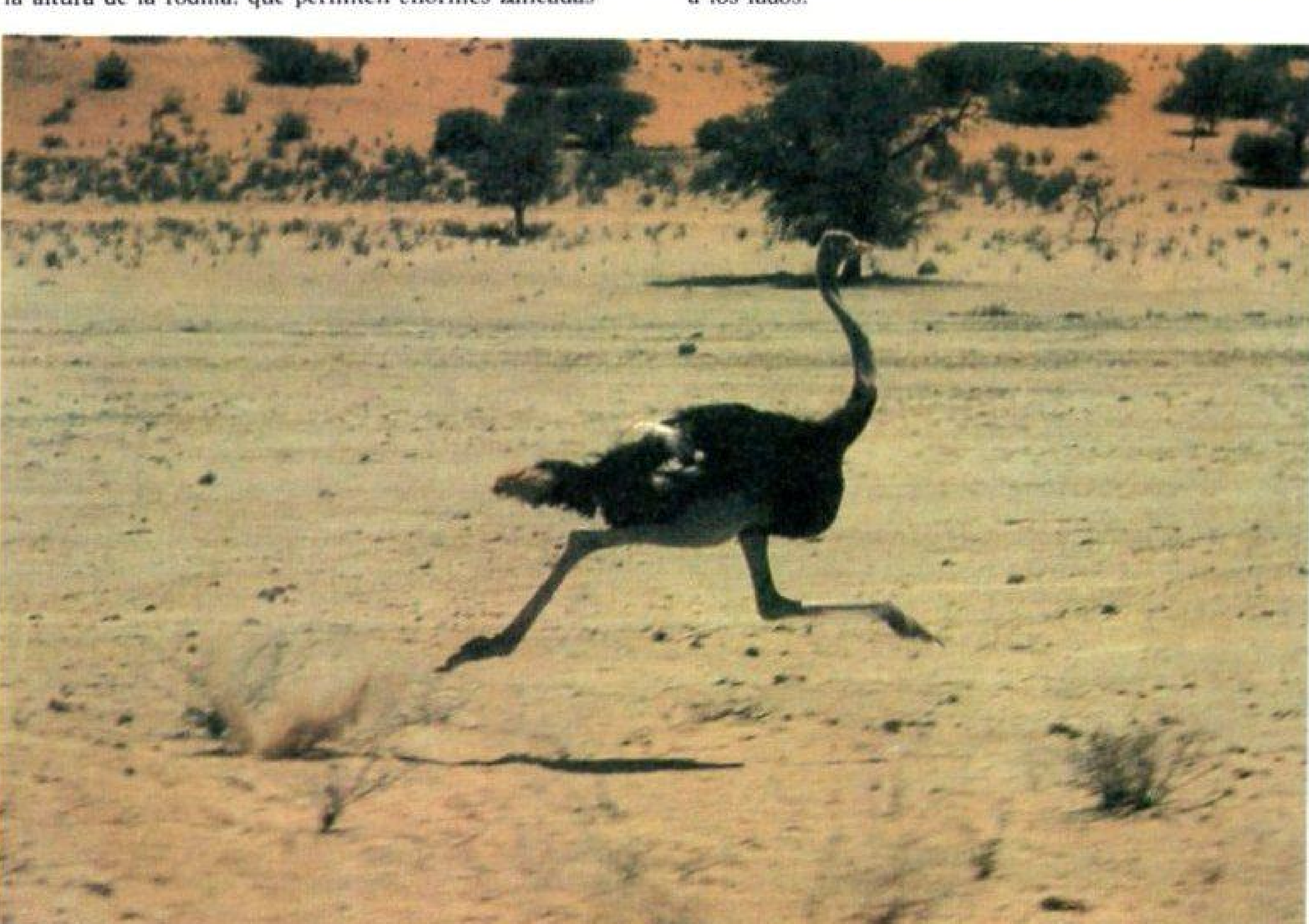
Durante el tiempo del impulso, la pelvis no permanece en el mismo plano, puesto que el movimiento de la pierna de atrás en la fase posicional la desplaza ligeramente hacia adelante, una vez por la acción de la pierna izquierda y otra por la de la derecha. Dos personas que avancen una al lado de la otra, y que quieran hablar, encontrarán molesto el rítmico subir y bajar, lo que explica que cojan el paso, para sincronizar el movimiento de sus pelvis. La pelvis no es sólo partícipe del ciclo de movimiento, también está sujeta a los movimientos rítmicos. Durante la fase posicional, la contracción de los músculos glúteos mínimo y medio, debajo de las nalgas, tiende a inclinar la pelvis, estabilizándola en relación con la pierna trasera. Al mismo tiempo gira un poco, aumentando así el impulso. Esta rotación, acentuada en el andar remilgado de la comedia teatral, no es igual en los dos sexos. Dado que las dimensiones de la pelvis femenina son distintas a

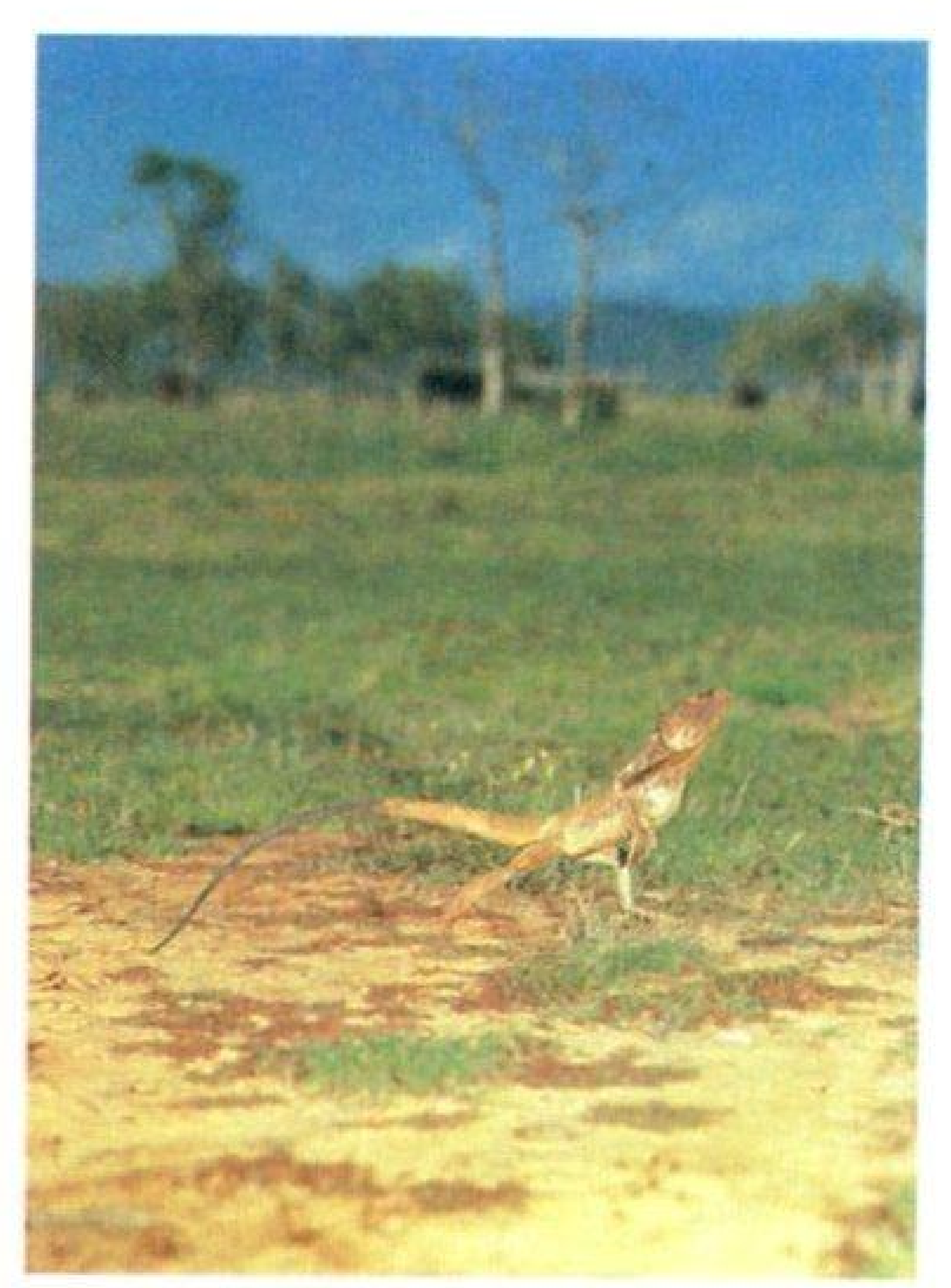


El avestruz, que es el más veloz de los animales bípedos, puede mantener y superar velocidades de 80 km. por hora, el doble de la velocidad máxima del hombre. Adaptado a la velocidad más que a la variedad, como el hombre, está dotado de poderosas patas musculadas, muy largas en proporción con el cuerpo y flexionables a la altura de la rodilla, que permiten enormes zancadas de más de 3,5 m. Los fuertes ligamentos elásticos proporcionan gran flexibilidad y amortiguan el golpe de la caída. La evolución ha reducido la pata flexible a dos dedos, reforzándola y haciéndola más ligera. Para mejorar la estabilidad y contrarrestar el balanceo del cuerpo el cuello se inclina hacia adelante, hacia atrás y a los lados.



	Velocidad máxima	Frecuencia de ciclos del movimiento
Milpiés	0.03 km/h	38 por min.
Tortuga gigante	0.29 km/h	30 por min.
Araña	1.76 km/h	10 por seg.
Anguila	3.52 km/h	1.7 por seg.
Cucaracha	5 km/h	20 por seg.
Hombre	43 km/h en sprint	6/7 por seg.
Hombre	37 km/h en 100 m (velocidad olímpica)	6 por seg.
Gato	48 km/h	3.4 por seg.
Jirafa	56 km/h	1 por seg.
Galgo	58 km/h	3 por seg.
Liebre grande	64 km/h	1.5 por seg.
Caballo	69 km/h	2.5 por seg.
Zorro rojo	72 km/h	2.6 por seg.
Avestruz	80 km/h	2.5 por seg.
Antílope	96 km/h	2.4 por seg.
Leopardo cazador	112 km/h	3.5 por seg.





las del hombre para facilitar la maternidad, la cadera de una mujer no puede desplazarse hacia adelante como la de un hombre, de modo que para lograr una cierta longitud en el paso la mujer tiene que girar la pelvis en un ángulo mayor. Los diseñadores de modas han explotado esto, animando a las mujeres a llevar tacones altos, lo que acentúa aún más la inclinación y el ángulo de las caderas. Sin embargo, los estilos en el andar están muy influidos, tanto por la anatomía individual como por la personalidad.

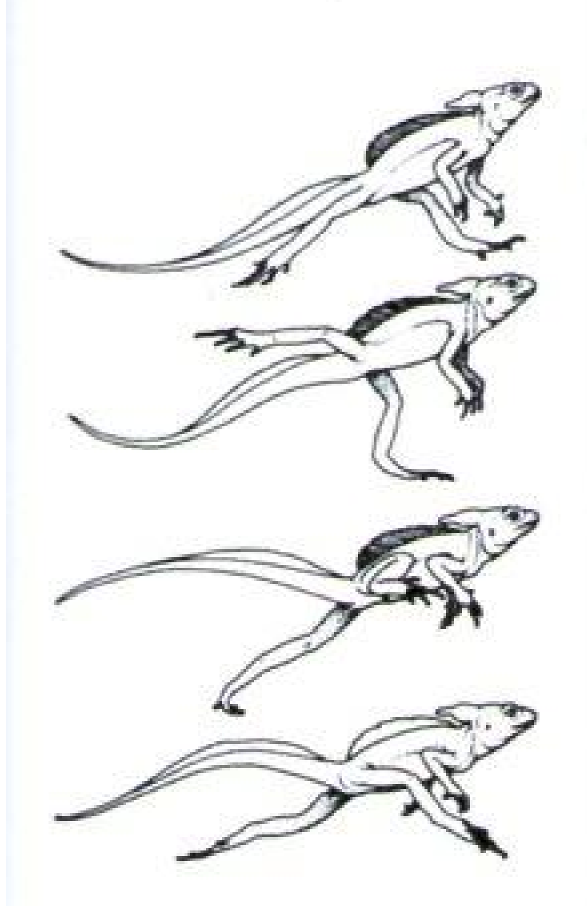
Acompañando al movimiento rítmico de las piernas en la locomoción humana está el balanceo rítmico de los brazos, más acentuado al correr que al andar. Al andar, el brazo derecho se balancea hacia adelante, al tiempo que la pierna izquierda inicia su fase de acción. Cuando esta pierna entra en la fase de posición, el brazo derecho se desplaza hacia atrás y el izquierdo se balancea hacia adelante, de modo que las cuatro extremidades siguen el mismo movimiento que las del caballo al paso. A medida que aumenta la frecuencia de los ciclos y el hombre empieza a correr, la acción de los brazos se acentúa aún más. Esto ocurre en parte para contrarrestar el movimiento de balanceo que la rotación de las caderas trasmite a todo el cuerpo y, también en parte, para compensar el desequilibrio del cuerpo que se separa del suelo durante una etapa de cada paso. Aparte de esto, el ritmo de carrera es igual que el del paso, aunque el tacón no apoya con tanta fuerza al final de cada movimiento y el cuerpo se inclina hacia adelante de manera que el centro de gravedad queda desplazado un poco de la base formada por los pies. A mayor velocidad, estos movimientos se hacen más pronunciados: el cuerpo se adelanta en un ángulo de 25 grados, sólo la eminencia metatarsiana del pie se apoya, las rodillas están más levantadas y los brazos se balancean a través de un ángulo mayor y permanecen más cerca del cuerpo para proporcionar mayor impulso.

La capacidad rítmica del movimiento humano tiene un desarrollo gradual. Los ademanes titubeantes y la coordinación inestable de los niños se va perfeccionando a medida que crecen y a medida que se armoniza el sistema nervioso, que regula el equilibrio, la coordinación y el control muscular.

El sistema de locomoción humano está bien adaptado a la vida terrestre y —difícilmente— al medio acuático. Los hombres tienen que someterse a un aprendizaje para poder nadar, pero por lo menos son capaces de hacerlo. Los monos grandes, especie animal más próxima al hombre, simplemente no poseen las facultades motrices necesarias para nadar, lo que quiere decir que estarán seguros en un zoo detrás de un foso de agua. En el agua, el hombre es muy torpe, pues tiene que acompasar el movimiento de las piernas con la rotación de los brazos, forzando a su cuerpo, poco apropiado, a un medio unas 800 veces más denso que el aire.

Los animales realmente acuáticos tienen una gran flexibilidad lateral (atributo muy limitado en el hombre, y que se extiende sólo hasta la altura de la cadera) que les proporciona una actividad de movimientos libre y rítmica. Todos los peces nadan haciendo uso de las ondulaciones laterales de su cuerpo. Los que, como las anguilas, son largos y delgados, dependen tanto de las ondulaciones del cuerpo como del movimiento lateral de una aleta caudal que facilita la propulsión. Otros como la trucha, el arenque y el atún adoptan una combinación

Para un corredor de primera es importantísimo descubrir sus ritmos, que vienen en gran parte dados por las proporciones anatómicas del cuerpo. El balanceo de los brazos en concordancia con la pierna opuesta ayuda a mantener el ritmo y a recuperar el equilibrio, alterado por la falta de apoyo del cuerpo. Al correr, el cuerpo se inclina para adelantar el centro de gravedad, y luego se endereza de nuevo para mantener el equilibrio.



Algunos lagartos pueden correr sobre dos extremidades. Sus prolongadas patas traseras parten de los lados y no de la base del cuerpo. El contoneo lateral resultante es contrarrestado por la cola. El hermoso basilisco, *izquierda*, puede correr a gran velocidad incluso sobre el agua.

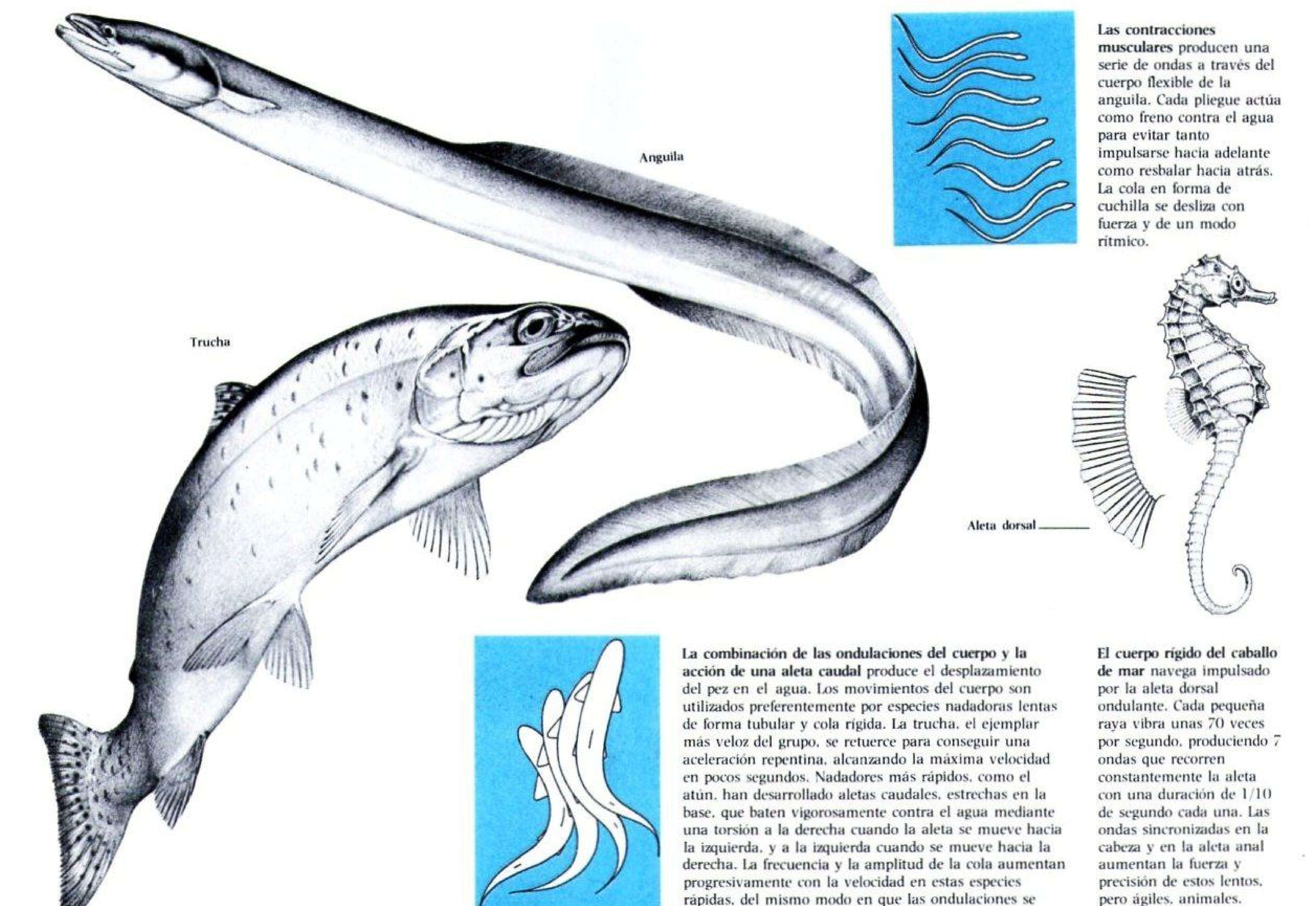
de las ondulaciones del cuerpo y la acción de la aleta, mientras que otras especies más especializadas que han abandonado la natación rápida en aras del camuflaje o alguna otra estratagema, utilizan sólo la acción de la aleta.

A medida que la anguila avanza nadando se extiende hacia atrás por el cuerpo del animal una ola de contracciones musculares que la retuerce primero a la izquierda y luego a la derecha. En una anguila adulta puede llegar a haber tres pliegues en el cuerpo al mismo tiempo, mientras que en ejemplares más jóvenes y más cortos sólo uno o dos. Cada pliegue actúa como freno para evitar que la parte doblada del cuerpo resbale hacia atrás por el agua cuando la parte de delante se enderece y avance. La fuerza propulsora proviene del movimiento rítmico lateral de la aleta, así como del impulso hacia adelante del cuerpo a medida que las ondulaciones lo atraviesan. Si se observa el movimiento de una anguila nadando justo sobre el fondo de un arroyo fangoso puede apreciarse un patrón regular de pequeños remolinos de agua, que parecen representar sólidos postes contra los que empujan las ondulaciones.

La mayoría de los peces nadan flexionando la cola de un modo rítmico de un lado al otro. Esta flexión lateral puede verse aumentada por la contracción rítmica de los músculos del cuerpo que dirigen la base de la cola. Al moverse de un lado a otro, la aleta caudal se dobla debido a la presión del agua sobre ella, en un fenómeno parecido a la rotación de las plumas primarias del ala de un pájaro al desplazarse por el aire. Pero el agua es mucho más «pegajosa» que el aire, por lo que la fuerza lateral de la aleta se convierte en un movimiento hacia adelante del cuerpo al que está unida. Otras aletas proporcionan una estabilidad direccional y pueden alzarse y bajarse a modo de frenos para mantener el rumbo. La velocidad del pez depende de la forma dinámica de su cuerpo, así como de la frecuencia y amplitud del movimiento de la aleta.

El caballo de mar, el cofre y el erizo de mar tienen esqueletos rígidos que no permiten la flexión lateral de la base de la cola. Nadan con la sola ayuda de la aleta, que no se arrastra de un lado a otro, sino que es recorrida de arriba abajo por una serie de ondas. En la aleta dorsal del caballo de mar pueden correr hasta siete ondas al mismo tiempo, cada una de las cuales tiene una duración de una décima de segundo. La multitud de niveles de presión producida por esta serie de ondas significa que las modificaciones más insignificantes permiten los cambios de posición más precisos.

La serpiente marina tiene una capacidad rítmica de acción que se asemeja a la de la anguila. Al ser vertebrados de respiración aérea, las serpientes marinas a menudo nadan asomando el hocico a la superficie, y en aguas tranquilas las ondulaciones de su cuerpo —los puntos del impulso lateral— pueden observarse como una reveladora serie de ondas que se abren en ángulo recto desde su punto de origen. Al nadar en el agua, las serpientes marinas efectúan los mismos movimientos que las serpientes terrestres en tierra firme. En el agua, que tiene mucha mayor resistencia al movimiento, una ondulación en el cuerpo de la serpiente constituye el suficiente freno para evitar que sea desplazada hacia atrás, pero en tierra firme una simple ondulación no basta. La mayoría de las serpientes de tierra viven en zonas de densa vegetación,



Las contracciones musculares producen una serie de ondas a través del cuerpo flexible de la anguila. Cada pliegue actúa como freno contra el agua para evitar tanto impulsarse hacia adelante como resbalar hacia atrás. La cola en forma de cuchilla se desliza con fuerza y de un modo rítmico.

La combinación de las ondulaciones del cuerpo y la acción de una aleta caudal produce el desplazamiento del pez en el agua. Los movimientos del cuerpo son utilizados preferentemente por especies nadadoras lentas de forma tubular y cola rígida. La trucha, el ejemplar más veloz del grupo, se retuerce para conseguir una aceleración repentina, alcanzando la máxima velocidad en pocos segundos. Nadadores más rápidos, como el atún, han desarrollado aletas caudales, estrechas en la base, que baten vigorosamente contra el agua mediante una torsión a la derecha cuando la aleta se mueve hacia la izquierda, y a la izquierda cuando se mueve hacia la derecha. La frecuencia y la amplitud de la cola aumentan progresivamente con la velocidad en estas especies rápidas, del mismo modo en que las ondulaciones se exageran en peces más lentos, como el arenque.

El cuerpo rígido del caballo de mar navega impulsado por la aleta dorsal ondulante. Cada pequeña raya vibra unas 70 veces por segundo, produciendo 7 ondas que recorren constantemente la aleta con una duración de 1/10 de segundo cada una. Las ondas sincronizadas en la cabeza y en la aleta anal aumentan la fuerza y precisión de estos lentos, pero ágiles, animales.

y ejercen una presión contra las matas para impulsarse hacia adelante.

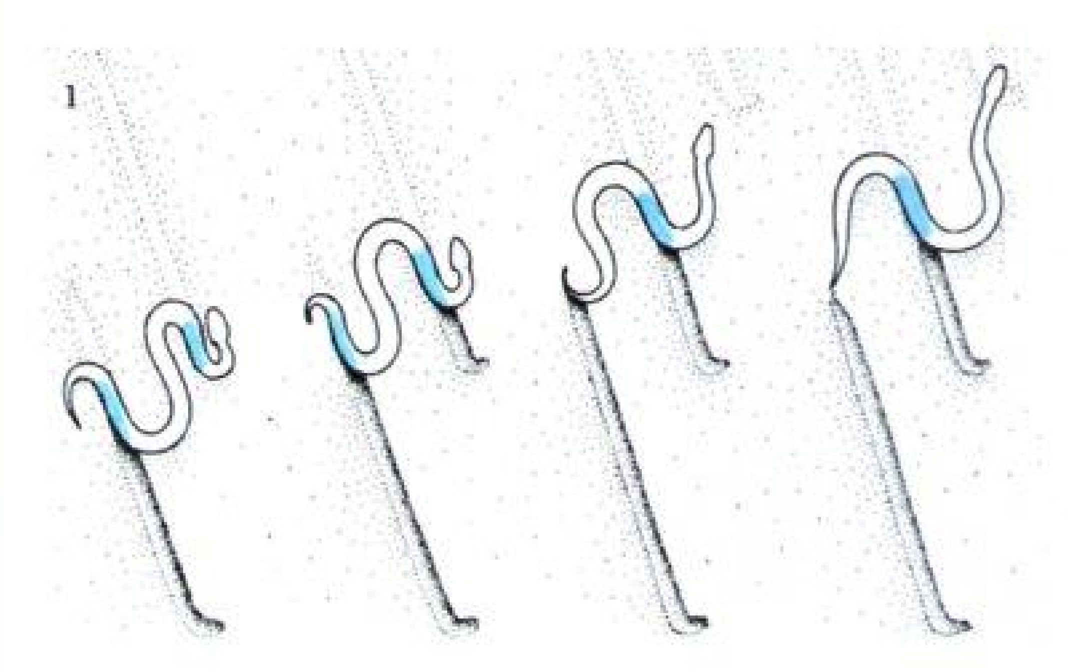
Para explotar al máximo todas las formas de su medio ambiente, las serpientes pueden cambiar sus ritmos de locomoción. Al atravesar un túnel formado por un montón de cantos pueden pasar de un ritmo ondulatorio a uno de concertina. En este tipo de movimiento, la parte delantera de la serpiente forma dos ondulaciones que presionan en la zona de la cresta contra la pared del túnel. La parte trasera se alza debido a la contracción muscular formando nuevas ondulaciones. Manteniéndose de este modo, la parte delantera se relaja, se alarga y forma un nuevo punto de sujeción.

Algunas serpientes —sobre todo las víboras— pueden desplazarse en línea recta, sin necesidad de ritmos ondulantes o de concertina, aunque lentamente. Estas especies tienen una musculatura muy desarrollada y escamas muy resistentes en la parte inferior del cuerpo. En cualquier momento puede haber dos ondas de contracción atravesando dicha parte inferior, pero dos pequeñas parcelas de la pared abdominal sujetas a las costillas actúan como las plataformas de arranque de un atleta. Una vez que la parte de la serpiente situada delante de estas parcelas está completamente estirada, se relajan, y estos puntos son sustituidos por otros dos localizados inmediatamente detrás.

Las serpientes del desierto, por ejemplo las de cascabel, viven en un medio ambiente formado casi exclusivamente de arena. Estas especies utilizan el ritmo ondulante, pero moviendo todo el cuerpo lateralmente. La serpiente sólo tiene contacto con la arena en dos puntos, pero dado que todo el peso del cuerpo descansa en dichos dos puntos se genera el suficiente roce estático como para evitar que éstos resbalen. Los músculos del cuerpo pueden ejercer contra estos eficaces puntos de apoyo una presión trasera, impulsando así a la serpiente hacia adelante. Esta «ondulación lateral» rítmica deja unas marcas características en la arena, como trazos paralelos inclinados hacia atrás formando un ángulo de unos 30 grados con el eje delantero de la serpiente.

Dado que el agua es mucho más densa que el aire, su mayor resistencia puede ser aprovechada en muchos aspectos y existen más ritmos de locomoción asociados con dicho medio que con el aire. La propulsión a chorro, por ejemplo, es poco común en animales terrestres y relativamente frecuente, sin embargo, en especies acuáticas. Muchos tipos de almejas y pulpos utilizan la propulsión a chorro para escapar de sus predadores, pero raramente de un modo rítmico. Entre el género de las medusas y sus similares, sin embargo, está muy desarrollado el pulso rítmico. Incluso los pólipos más sedentarios envían pequeñas medusas, apenas visibles a los ojos, a transportar células reproductoras a las capas superiores del agua. De modo similar al de sus congéneres mayores y más conocidos, estas medusas hacen vibrar la umbrela consiguiendo alcanzar así la altura y movimiento lateral.

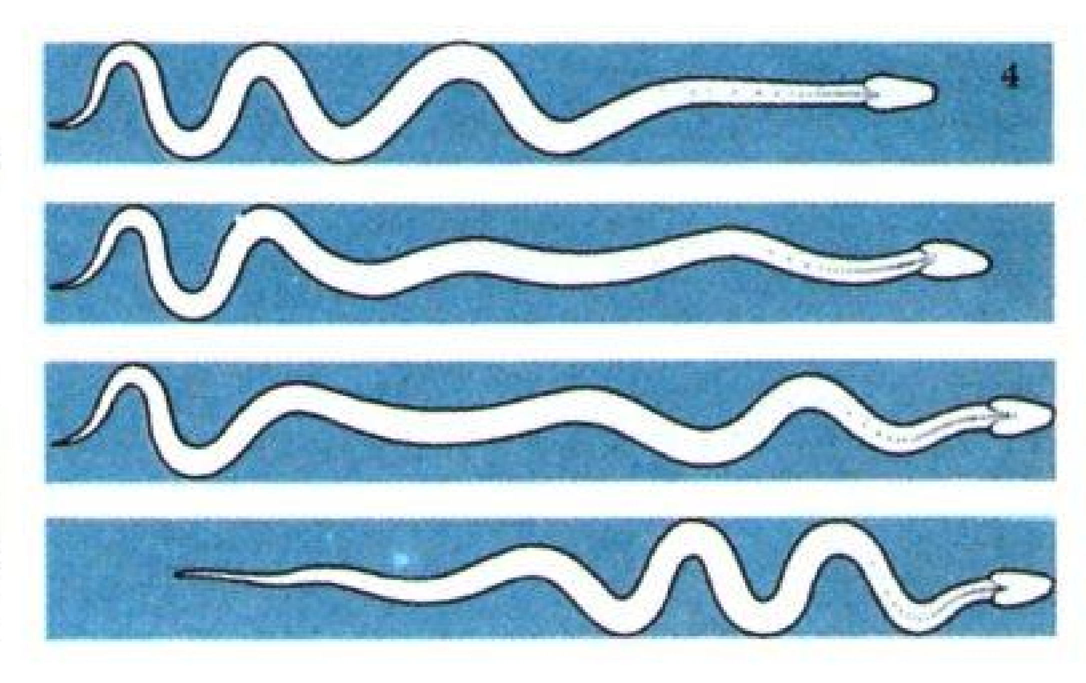
Aunque la musculatura de una medusa es primitiva, cada masa transparente de la que se componen estos animales está provista de un fuerte músculo circular o en forma de corona a lo largo del borde del timbre, y de varios músculos radiales similares a los radios de un paraguas que parten de la punta de la umbrela y se extienden por la periferia. Una simple pulsación comienza por una ligera disminución de los músculos radiales, como resultado de los impulsos generados por las células nerviosas en los órganos sensoriales del animal, inmediatamen-



2

3 Zona de contracción en la parte inferior del cuerpo

Escamas



Las serpientes han adoptado cuatro tipos de movimiento ondulatorio. La serpiente ondulante del desierto deja unas marcas laterales en la arena (1). Las serpientes más comunes ejercen una presión contra las plantas y las piedras, impulsándose con ambos lados del cuerpo (2). La serpiente cascabel y la víbora avanzan despacio en línea recta, utilizando las zonas de contracción en la parte inferior del cuerpo como «pies», mientras que los músculos arrastran el cuerpo hacia adelante (3). Al sentirse encerrada bajo una grieta, la serpiente forma ondulaciones presionando contra los cantos e impulsándose hacia adelante (4).



Las serpientes ondulantes de Norteamérica han desarrollado eficaces medios de desplazamiento a través de las resbaladizas arenas del desierto. El animal se mantiene sobre dos puntos de apoyo arqueando el resto del cuerpo. Al adelantar la cabeza, el cuerpo avanza, apoyándose la serpiente sobre dos nuevos puntos, lo que origina un rápido «movimiento ondulante». Los trazos paralelos que deja en la arena debido al roce con estos puntos de contacto forman un ángulo de 45° con el eje delantero de la serpiente.

te seguida de una fuerte contracción de los músculos coronales. Esto da lugar al estrechamiento de la umbrela, y facilita la entrada del agua a través de una abertura de tamaño decreciente, antes de que una rápida contracción de los músculos radiales impulse hacia afuera el agua con extraordinaria fuerza. Un ejemplar adulto de la medusa europea, *Aurelia*, expulsa unos 22 ml. de agua en cada contracción. La pulsación lenta y rítmica del timbre puede continuar durante largos períodos y transportar a la medusa muchos kilómetros. Como regla general, el índice de pulsación muscular en las medusas es más alto en ejemplares jóvenes, pero también aumenta su frecuencia debido a los aumentos de temperatura del agua del mar en donde el animal vive.

Muchas especies acuáticas se desplazan por el agua remando. En su modalidad más sencilla, este tipo de movimiento es similar a la navegación a remo del hombre, pero en la modalidad más sofisticada se convierte casi en una forma de vuelo. El escarabajo de agua se impulsa a sí mismo mediante el batir de las patas centrales y a veces traseras. Empezando con los «remos» al final de una palada, el ciclo de movimiento es el siguiente: las patas giran levemente, para presentar un área de superficie mínima y un perfil más delgado al agua. Se estiran entonces todo lo posible hacia adelante, giran de nuevo, de modo que el área de contacto con el agua se halle al máximo, y son impulsadas hacia atrás. Las duras cerdas que bordean la extremidad de cada pata se abren entonces para facilitar un mayor contacto con el agua. Al final del impulso se pliegan para no entorpecer la recuperación.

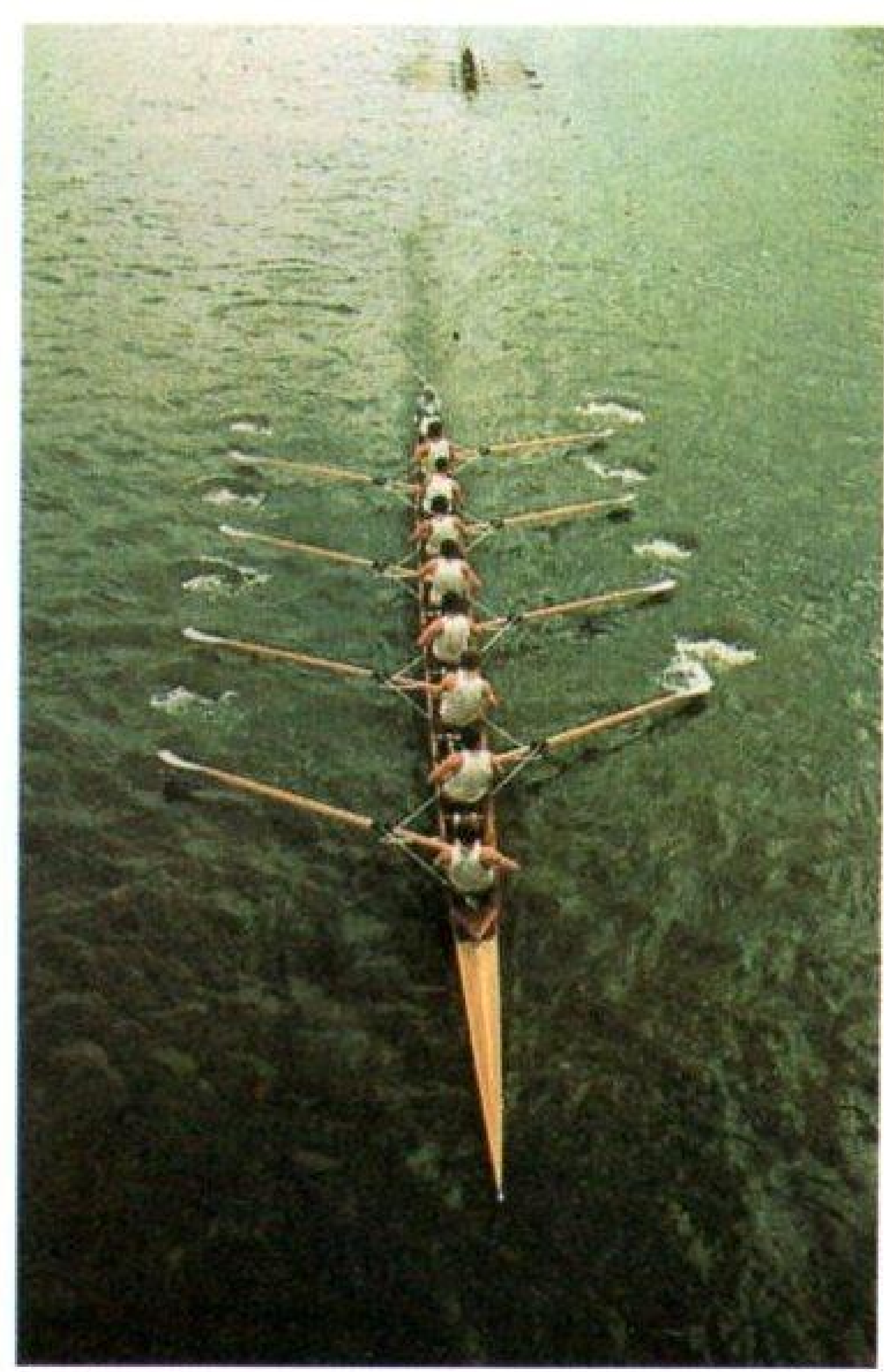
Una forma parecida de propulsión rítmica a remo puede observarse en notonectas y zapateros, pequeños insectos con las patas traseras prolongadas, que se mueven rítmicamente, arrastrando a los animales a través del agua. En los zapateros, el cuerpo es plano y la parte trasera ligeramente cóncava. Las patas planas, tipo aleta, se utilizan para impulsar al animal sobre la superficie del agua, mientras que las patas centrales, largas y delgadas, sirven para agarrarse a la vegetación mientras se alimenta. Una vez que ha dejado de comer, flota a la superficie, ya que su cuerpo es más ligero que el agua, y a menudo sale volando. Los notonectas, parecidos a los zapateros, viven y nadan cerca de la superficie del agua. La gran diferencia es que, como su nombre indica, los notonectas nadan sobre la espalda, convexa y en forma de quilla. Almacenan burbujas de aire debajo de las alas, en dos canales formados por hileras de pelos, y se impulsan hacia abajo, remando con las patas traseras, que —como las del escarabajo de agua— están bordeadas de cerdas para facilitar la propulsión.

El girino también hace honor a su nombre, ya que nada en círculos sobre la superficie, aunque al desplazarse por debajo de ésta, o al sumergirse, avanza en línea recta. Ambos tipos de movimiento se llevan a cabo gracias a la acción de las cuatro patas nadadoras planas (las otras dos patas delanteras son mucho más pequeñas), pero en el movimiento circular las patas de un lado se mueven más y con mayor frecuencia que las del otro, del mismo modo en que un remero principiante encuentra difícil coordinar el movimiento de los dos brazos.

Las tortugas se desplazan mediante el movimiento rítmico de sus dos patas delanteras. Estos miembros se alzan durante la etapa de recuperación y —como cualquier remo, natural o artificial— giran al inicio del golpe de fuerza, para presentar al agua una superficie plana y

La propulsión rítmica a remo requiere una perfecta sincronización. Los remeros de Cambridge, *inferior derecha*, imitan la técnica de la notonecta, *arriba*, presentando la parte ancha del remo para el golpe de fuerza y la parte estrecha para la recuperación, minimizando así la resistencia al aire. Los remos largos producen un amplio impulso en comparación con el movimiento del escálamo.

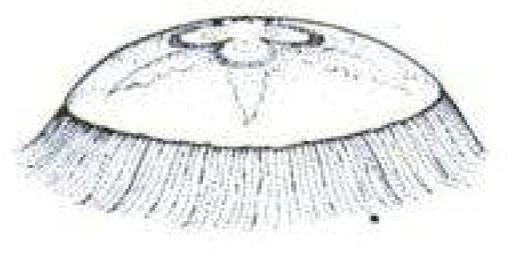




La pulsación rítmica impulsa a la medusa. Los músculos radiales de la umbrela se contraen, a lo que sigue una segunda contracción de otro grupo de músculos que produce un estrechamiento en la umbrela, facilitando la entrada de agua. Otra contracción de los músculos radiales impulsa el agua hacia afuera, elevando a la medusa.





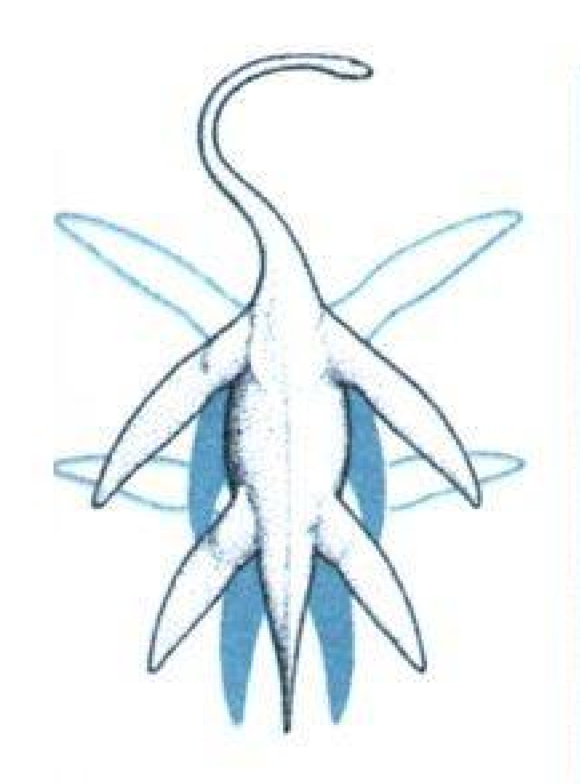


ancha. Aunque las dos aletas golpean al tiempo, su avance no resulta desigual, ya que su forma aerodinámica permite que la masa inerte se mueva lo suficientemente rápido, entre los golpes de remo, como para mantener la velocidad. El análisis detallado de los movimientos natatorios de una tortuga en una película a cámara lenta revela que la actuación de las aletas presenta algunas características comunes con el movimiento de las alas de los pájaros. En el movimiento descendente, la extremidad se rezaga un poco, coleteando hacia atrás y produciendo un impulso propulsor hacia adelante al final del golpe de fuerza y de nuevo al inicio de la etapa de recuperación.

Aún más parecidos al vuelo son los aleteos de la raya, pez de gran tamaño, que se desplaza en el agua con gran rapidez y con la facilidad de movimientos de la cigüeña en el aire. Una manta grande batirá las «alas» una vez cada tres segundos, aproximadamente la tercera parte de la frecuencia de aleteo de la cigüeña. A medida que las enormes alas de la raya baten hacia abajo, el ascenso se produce de la misma manera que en los pájaros, creándose una zona de baja presión sobre cada ala, pero no necesariamente tan fuerte, ya que el peso relativo de la raya en la densidad del agua es bajo. Una ráfaga de ondulaciones recorre el borde del ala, equilibrándola para la maniobra emprendida. Durante la etapa de recuperación, el ala se dobla, permitiendo que la elástica extremidad vuelva a su posición inicial sin producir una fuerza hacia abajo en el pez. De todos los patrones rítmicos de locomoción observados en animales acuáticos hay pocos tan agradables, desde un punto de vista estético, como el sutil movimiento del ala de la raya.

El delfín es un mamífero acuático aerodinámico que ha fascinado al hombre durante mucho tiempo. Nadadores expertos llegan a alcanzar velocidades máximas de 40 km. por hora. La mayoría de los movimientos natatorios del delfín se deben a la acción de la aleta caudal, impulsada por los poderosos músculos del cuerpo. La aleta, unida al cuerpo en un plano horizontal, golpea arriba y abajo, con una ligera torsión en el mismo plano. Los movimientos natatorios de estos animales resultan aún más eficaces debido a las adaptaciones de su piel. Cuando el delfín aumenta o disminuye de repente la velocidad, la piel de la parte inferior del cuerpo se arruga, y estos pliegues actúan disipando los remolinos de agua alrededor del cuerpo, y reduciendo así la resistencia. El fluido retenido en las arrugas es empujado de las zonas de alta presión del cuerpo a las de baja presión, de modo que el agua opone una resistencia mínima al delfín. Esta característica de la piel es diferente en machos y hembras, pero cuando los ejemplares se mueven a gran velocidad, las ondas se desplazan hacia la parte trasera del cuerpo, durando cada ciclo de plagamiento unos dos segundos.

Desgraciadamente, el hombre ha explotado las habilidades natatorias del delfín, altamente eficientes y de baja resistencia, de dos maneras. Una con intereses comerciales, creando delfinarios en los que los animales son entrenados para actuar delante del público. La forma del cuerpo de los delfines y las marsopas ha atraído también el interés de científicos militares. Se han llevado a cabo una serie de experimentos para descubrir si las capas superficiales con forma de casco o contenedoras de flujo, del tipo de los delfines, podían aplicarse con éxito a los submarinos atómicos para mejorar su eficiencia y reducir los obstáculos cuando emergen poderosos en los océanos del mundo entero.



Los plesiosauros fueron ágiles remeros de la era prehistórica. Pese a la rigidez de sus «remos» y a que la altura máxima a que podían levantarlos era el hombro, eran capaces de moverlos, girar y remar hacia atrás. Esta agilidad resultaba útil para pescar peces atrapándolos con la cabeza bajo el agua.

La tortuga boba, *Caretta caretta,* se desliza en el agua impulsando las aletas delanteras simultáneamente, cuya parte anterior atraviesa limpiamente el agua antes de girar retirándola hacia atrás, avanzando así la tortuga. La flexible punta de la aleta actúa como orientación sensorial. Algunas especies tienen cuatro aletas, pudiendo mover los pares diagonales al mismo tiempo.





Ritmos de salud y enfermedad

El entender en cierta medida nuestros ritmos corporales puede ayudarnos a mejorar nuestro trabajo y también a tomar las decisiones vitales que afectan al bienestar cotidiano. La simple estimación de si uno se encuentra mejor hacia el amanecer o tras la cena, por la noche, y una distribución del trabajo conforme a esta valoración, contribuye de manera sencilla a establecer una diferencia notable en la calidad y cantidad del trabajo. El conocimiento de la naturaleza rítmica de la vida humana comienza asimismo a tener importantes implicaciones en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades. Por ejemplo, la química interna del cuerpo cambia a lo largo de cada período de 24 horas; así, los síntomas de determinadas enfermedades se evidencian más claramente a ciertas horas del día, a la vez que se altera la forma en que el cuerpo responde a un tratamiento a base de medicamentos.

El cuerpo humano constituye un mecanismo extraordinariamente rítmico. Sin control consciente alguno, nuestro corazón late unas 70 veces por minuto, tiempo en que inspiramos y espiramos entre 12 y 15 veces. Aún más sutiles son nuestros ritmos diarios o circadianos, de los cuales el más obvio es el ritmo de sueño y vigilia. Otros ritmos circadianos se refieren a funciones biológicas que, a simple vista, parecen discurrir conforme a un índice regular. El pulso humano constituye un buen ejemplo, pues no se mantiene inalterable a 70 latidos por minuto: cada 24 horas presenta una clara variación, disminuyendo por la noche, cuando el cuerpo se halla normalmente en reposo, y acelerándose de día. Este ritmo se mantiene incluso cuando el cuerpo pierde la referencia del cambio natural de la iluminación diaria, señalado por el crepúsculo y la aurora, pero no dura 24 horas exactas. Así pues, el ritmo del índice cardíaco, lo mismo que el ritmo de sueño y vigilia de alguien que estuviese encerrado en un subterráneo o en una cueva en completa oscuridad, presentaría períodos entre 25 y 27 horas, y no de 24 como podría esperarse; resulta pues que el cuerpo se desfasa gradualmente con respecto a la hora del día en el exterior de la cueva. La razón estriba en que el reloj biológico que conduce el ritmo normalmente se sincroniza con el mundo exterior, pero, privado de toda referencia temporal, se independiza y adopta su propio período natural, un poco más largo.

Desde los primeros vuelos orbitales tripulados, en la década de los 60, los científicos se han interesado mucho por la forma en que cambia la fisiología humana en condiciones de ingravidez, y en días de 90 minutos en vez de 24 horas. Por ejemplo, el control indirecto de la presión sanguínea de los astronautas ha demostrado que ésta mantiene en el espacio un ritmo normal de aproximadamente 24 horas, a pesar de que la duracción del día se ve drásticamente alterada.

En lo que se refiere a la salud corporal y al tratamiento de las enfermedades, los ritmos que parecen tener más importancia son los aproximadamente circadianos, diarios, si bien es cierto que el cuerpo presenta ritmos mensuales importantes médicamente, como el ciclo menstrual femenino. Muchos de los ritmos circadianos descubiertos muestran variaciones tan pequeñas entre sus puntos máximo y mínimo, que sólo pueden ser detectados por medio de mediciones meticulosas y frecuentes a lo largo de cada 24 horas, y puede que sea necesario recurrir a las computadoras para revelar su ritmicidad subyacente. Pero algunos de los ritmos de las funciones corporales presentan una mayor variación, y son mucho más fáciles de detectar y estudiar. Tales ritmos incluyen la frecuencia del pulso, la presión sanguínea y la temperatura corporal, la producción y la liberación de hormonas por ciertas glándulas, la tasa de producción de orina por los riñones y la agilidad del cerebro. El saber, por ejemplo, que la agilidad cerebral disminuye de madrugada proporciona a la policía una ventaja potencial sobre los terroristas que, cansados, retienen a los rehenes.

Cuantos más ritmos buscamos en nuestras vidas, más encontramos. Pero a pesar de la enorme cantidad de estudios, la localización exacta y el mecanismo del reloj biológico sigue siendo un misterio. No hay ninguno entre todos los componentes biológicos que integran la máquina humana, ya se trate de un órgano, de un tejido o de un grupo de células, que pueda señalarse como el reloj biológico fundamental que gobierna todos los ritmos corporales de 24 horas o circadianos. Tanto si se trata de un solo reloj como de varios, el cerebro humano parece alojar un reloj magistral, que puede sincronizarse con el mundo exterior. Este control general asegura que nuestros cuerpos sean más activos mientras estamos despiertos, y que las funciones corporales internas actúen más despacio por la noche, cuando estamos dormidos. La principal referencia para la sincronización del reloj biológico magistral es probablemente la luz solar, que, tras ser percibida por nuestros ojos, es trasmitida a continuación al cerebro por los nervios ópticos, para ser interpretada. También hay otras señales que actúan como sincronizadores de los ritmos circadianos humanos; se trata de la temperatura ambiental, del ruido y del contacto con otros seres humanos, las cuales son captadas por otros órganos sensoriales y enviadas al cerebro para ser analizadas.

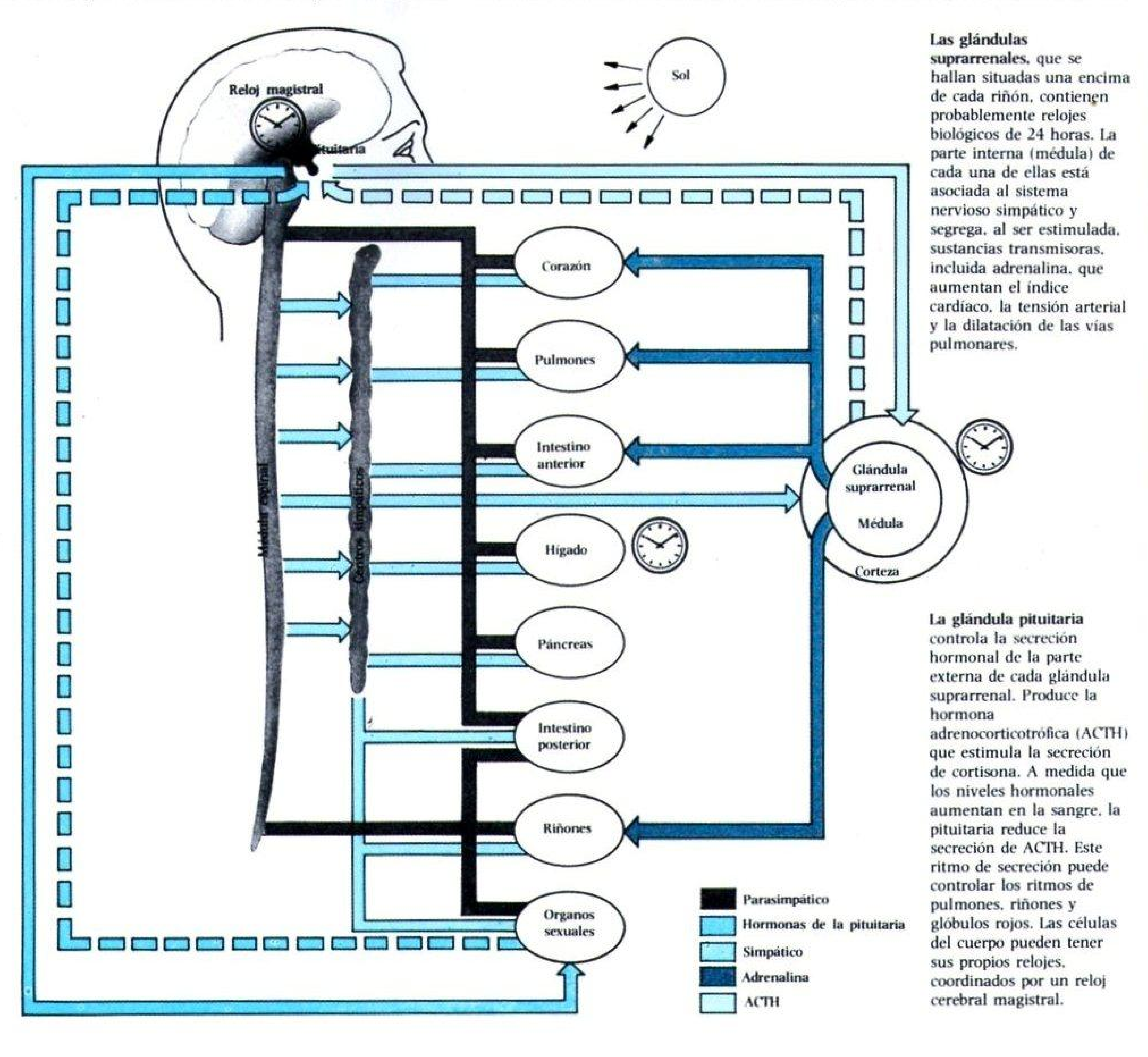
Para los hombres primitivos, de quienes se supone que tenían que cazar de día y ocultarse de los predadores de noche, un reloj biológico que los estimulase de día y los empujara a ocultarse y dormir de noche suponía una valiosa ayuda para la supervivencia. Mediante el uso de luz artificial el hombre moderno ha modificado su entorno, de modo que, a diferencia de sus predecesores, ya no se ve constreñido por los límites naturales del día; pero la ordenación temporal de nuestra actividad parece ser tan vital que el reloj biológico todavía persiste.

La localización en el cerebro del reloj biológico permitiría a éste controlar los ritmos de todo el cuerpo directamente a través del sistema nervioso, pues él mismo constituye el coordinador definitivo, o que influye indirectamente sobre la manufactura y la liberación de hormonas, los mensajeros químicos que son transportados por la sangre hasta los órganos en que deben ejercer sus efectos. Un reloj magistral en el cerebro puede simplemente coordinar el funcionamiento de varios relojes subsidiarios en otras partes del cuerpo, o puede que cada célula corporal individual posea su propio reloj microscópico.

El reloj biológico del cerebro puede regular los ritmos a través de la parte inconsciente y autónoma del sistema nervioso. Sin que nos demos cuenta, el sistema nervioso autónomo mantiene y dirige todas las funciones esenciales que nos permiten vivir. El es quien hace que nuestro corazón siga latiendo y que la sangre fluya por las venas y arterias; obliga a los pulmones a bombear el aire y regula los múltiples aspectos del proceso digestivo.

El sistema nervioso autónomo está dividido en dos partes, cuyas acciones tienden a contrarrestarse, de modo que entre ambas mantienen al organismo «equilibrado». Las dos partes del sistema actúan para controlar el tráfico fisiológico del cuerpo de forma similar a un semáforo de luz roja y verde. Cuando está encendida la luz verde, ello significa que todo va bien, y que el cuerpo puede continuar tranquilamente con su actividad. La parte parasimpática del sistema nervioso autónomo es más activa en esas ocasiones. Contribuye a disminuir la frecuencia de

La maquinaria que dirige los ritmos del cuerpo incluye tanto los nervios como las hormonas. Los órganos sensoriales perciben información sobre los cambios producidos en un día natural, y ésta es transportada al cerebro, donde actúa sincronizando un reloj magistral que controla los ritmos de órganos como el corazón y los pulmones. El método de control actúa mediante el sistema nervioso inconsciente o autónomo, directamente a través de los nervios, o indirectamente por la liberación de productos químicos. También funciona a través del efecto de control de la glándula pituitaria en la producción de hormonas. El sistema nervioso autónomo se halla dividido en dos partes: simpático y parasimpático. Los nervios del sistema simpático se desplazan del cerebro a la médula espinal, y hacia fuera entre los huesos de la columna, conectando con estaciones repetidoras, bandas de tejido nervioso (centros simpáticos) situadas a lo largo de la médula. Otros vínculos son establecidos por diferentes grupos de nervios que atienden a órganos individuales.



Las glándulas suprarrenales, que se hallan situadas una encima de cada riñón, contienen probablemente relojes biológicos de 24 horas. La parte interna (médula) de cada una de ellas está asociada al sistema nervioso simpático y segrega, al ser estimulada, sustancias transmisoras, incluida adrenalina, que aumentan el índice cardíaco, la tensión arterial y la dilatación de las vías pulmonares.

La glándula pituitaria controla la secreción hormonal de la parte externa de cada glándula suprarrenal. Produce la hormona adrenocorticotrófica (ACTH) que estimula la secreción de cortisona. A medida que los niveles hormonales aumentan en la sangre, la pituitaria reduce la secreción de ACTH. Este ritmo de secreción puede controlar los ritmos de pulmones, riñones y glóbulos rojos. Las células del cuerpo pueden tener sus propios relojes, coordinados por un reloj cerebral magistral.

los latidos, y al mismo tiempo facilita la descomposición y absorción de los alimentos. La parte parasimpática predomina durante la noche, cuando el cuerpo está más relajado.

Imaginad que estáis dormidos en la cama y de repente os despertáis al daros cuenta de que hay algo extraño en vuestra habitación. En un instante estáis completamente despiertos. El corazón os palpita, pero estáis listos para saltar y pelear con el intruso o incluso gritar pidiendo socorro. En tal situación, la parte del sistema nervioso autónomo que está funcionando en horas extraordinarias es la segunda, la simpática. Esta, al estimular los órganos corporales internos ocasiona no sólo un aumento de la frecuencia de los latidos y de la presión sanguínea, sino que también nos pone los pelos de punta, como los del cuello de un animal asustado, y nos dilata las pupilas. Para contribuir a que el cuerpo se apreste para la lucha, la sangre se precipita a los músculos, y es extraída de las partes del cuerpo que, como los intestinos, carecen temporalmente de importancia. La sensación de que se tiene el corazón en la garganta, de que se está enfermo de pánico, incapaz de moverse o deseando echar a correr, son todos efectos de la acción del sistema nervioso simpático.

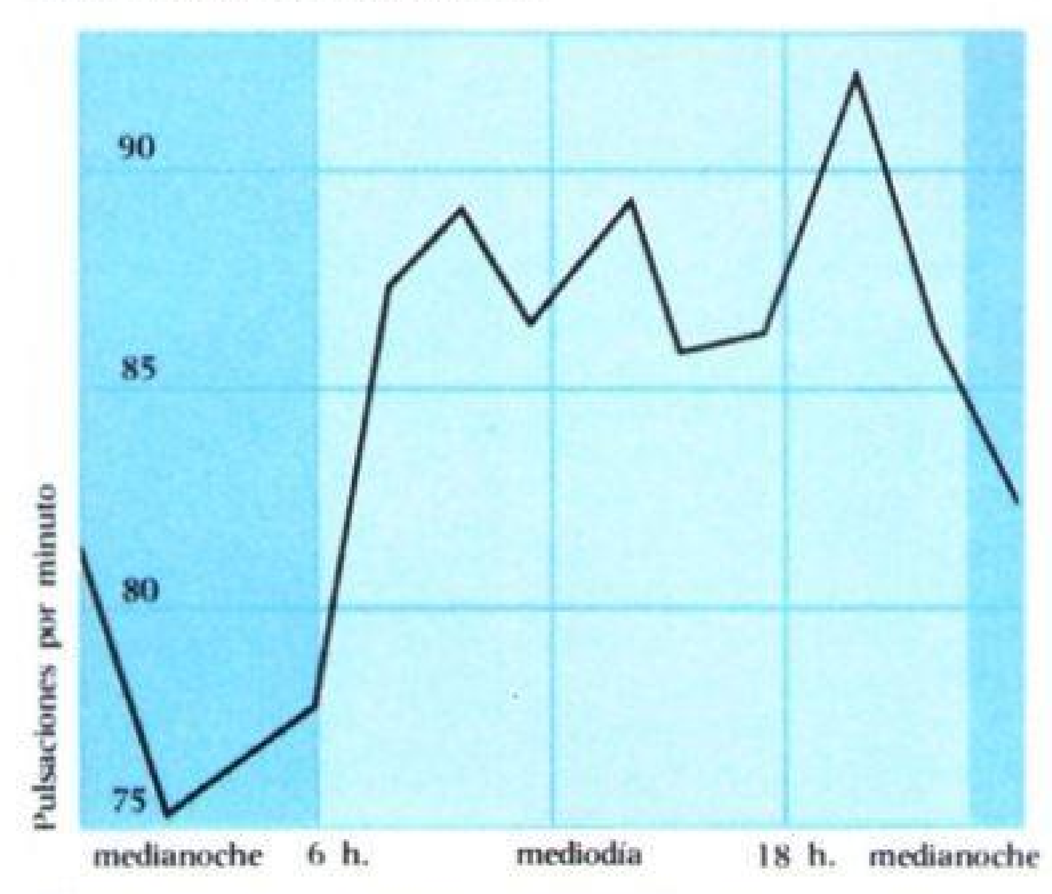
En el transcurso de un día normal, los acontecimientos raras veces son tan extremados, pero los sistemas simpático y parasimpático actúan a modo de precisos balancines. Mientras nos relajamos viendo la televisión predomina el parasimpático, hasta que en la pantalla aparece algo horrible y el simpático toma las riendas otra vez. Se ha apuntado la posibilidad de que los ritmos circadianos del corazón y los pulmones sean dirigidos por el cerebro, controlador definitivo del tráfico corporal, mediante la simple variación del equilibrio entre ambas partes del sistema autónomo.

Preparar al cuerpo para la acción en situaciones de tensión no es prerrogativa exclusiva de los nervios que constituyen la parte simpática del sistema nervioso autónomo: también participan en ello las hormonas liberadas por la región interior (médula) de las glándulas suprarrenales. Estas pequeñas glándulas se localizan sobre los riñones y están abastecidas por derivaciones nerviosas del sistema simpático. Gracias a ellas el cuerpo puede responder de manera instantánea al peligro, y pasar del sueño profundo a la plena conciencia, dispuesto para la lucha, en unos segundos. El ingrediente secreto que posibilita la acción inmediata es la hormona adrenalina. Al vertirse en la sangre, la adrenalina es transportada a los órganos internos para reproducir la acción del sistema simpático, acelerando el corazón, aumentando la presión sanguínea, dilatando las pupilas, etc. Sin la poderosa respuesta motivada por la adrenalina, el cuerpo no sería capaz de reaccionar con rapidez suficiente para esquivar el peligro; el asaltante nocturno nos atacaría y dejaría fuera de combate antes de que estuviésemos despiertos. La adrenalina no sólo actúa para librar al cuerpo del peligro, sino que también contribuye a que éste alcance el máximo rendimiento.

La producción corporal de adrenalina, y de otras hormonas relacionadas con las glándulas suprarrenales, generalmente no es constante: en circunstancias normales y cotidianas también presenta un ritmo circadiano, siendo menor durante la noche que durante el día. Gracias a este ritmo, la adrenalina y otras hormonas suprarrenales pueden actuar como un reloj biológico local para controlar la frecuencia del pulso y

Hipertensión
Límite
Normal
Presión sistólica
medianoche · 6 h. mediodía 18 h. medianoche

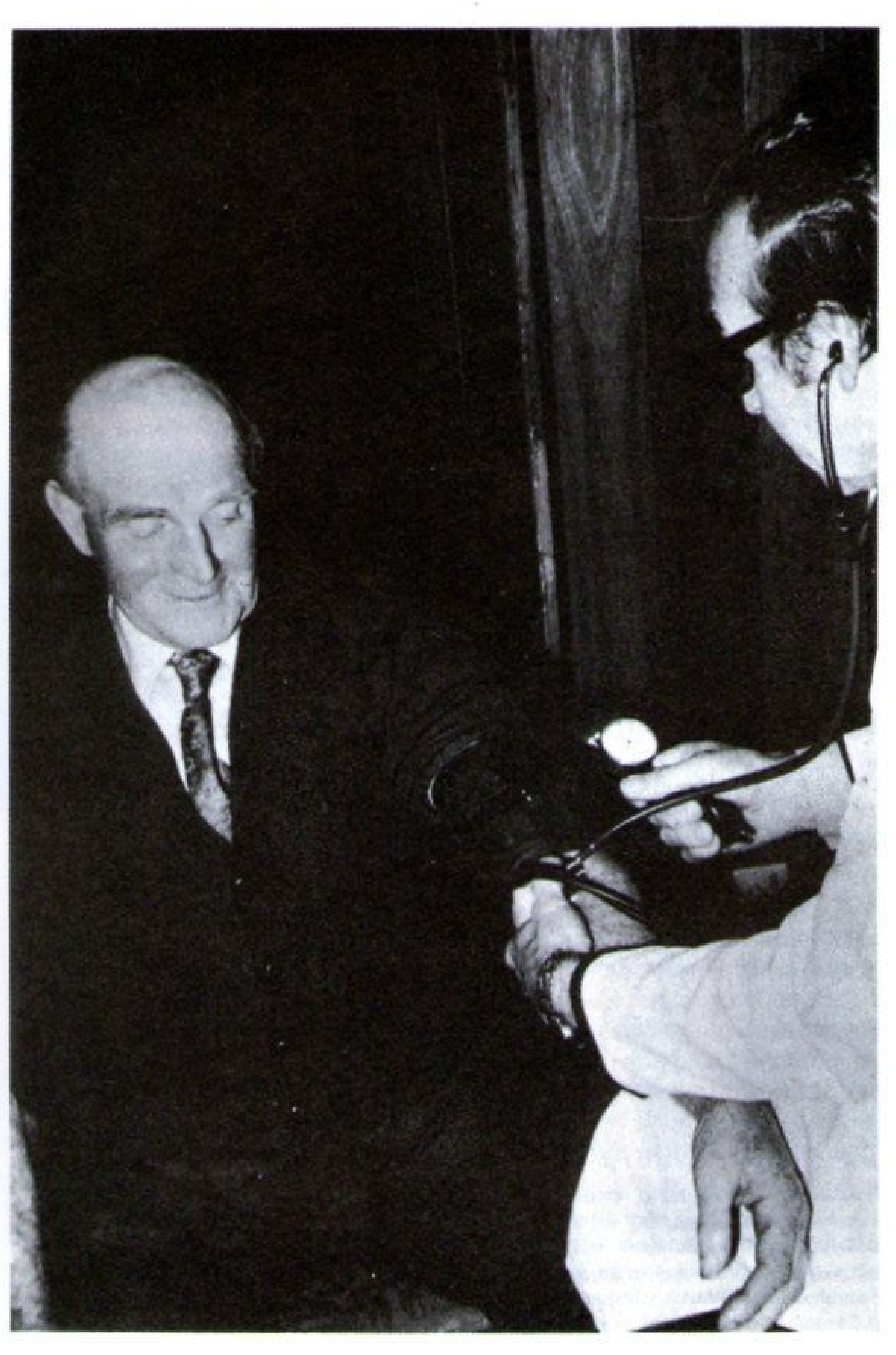
La detección de tensión alta es importante en la prevención de enfermedades cardiacas. Aunque existe una pequeña variación rítmica durante 24 horas, la mayoría de las personas o están normales o tienen la tensión alta. En casos dudosos, el tomar la tensión a última hora de la tarde puede conducir a error, por interpretación de tensión alta.



El corazón late más despacio durante la noche y más deprisa a primera hora de la tarde. El ritmo del movimiento cardiaco puede controlarse mediante un contador en el marcapasos, los ritmos de secreción de adrenalina y otras hormonas de la glándula suprarrenal, o mediante los ritmos de temperatura cutánea.



La tensión arterial proporciona una valiosa información sobre el estado del corazón y las arterias. Cuando la sangre sale del corazón presiona sobre las paredes elásticas de las arterias. La resistencia a este flujo sanguíneo se mide averiguando la altura de la columna de mercurio que es capaz de soportar la presión arterial. Para medir la tensión, la arteria braquial del antebrazo se comprime bombeando aire en un manguito. La tensión es registrada aplicando el manguito a un manómetro de mercurio. Cuando la presión está descendiendo, la sangre es impulsada a través de la arteria en el momento en que la presión del manguito es la misma que la presión máxima que generan las pulsaciones del corazón. Se trata entonces de la presión sistólica que produce una onda expansiva y un sonido sordo que puede oírse a través de un estetoscopio. El golpeteo desaparece una vez que la presión del manguito ha descendido lo suficiente como para que la sangre fluya de un modo continuo. La medición en este momento de descanso del corazón, entre latidos, es la presión diastólica. El ritmo de la tensión arterial se aprecia con más facilidad en la medición sistólica, la más alta de las dos.

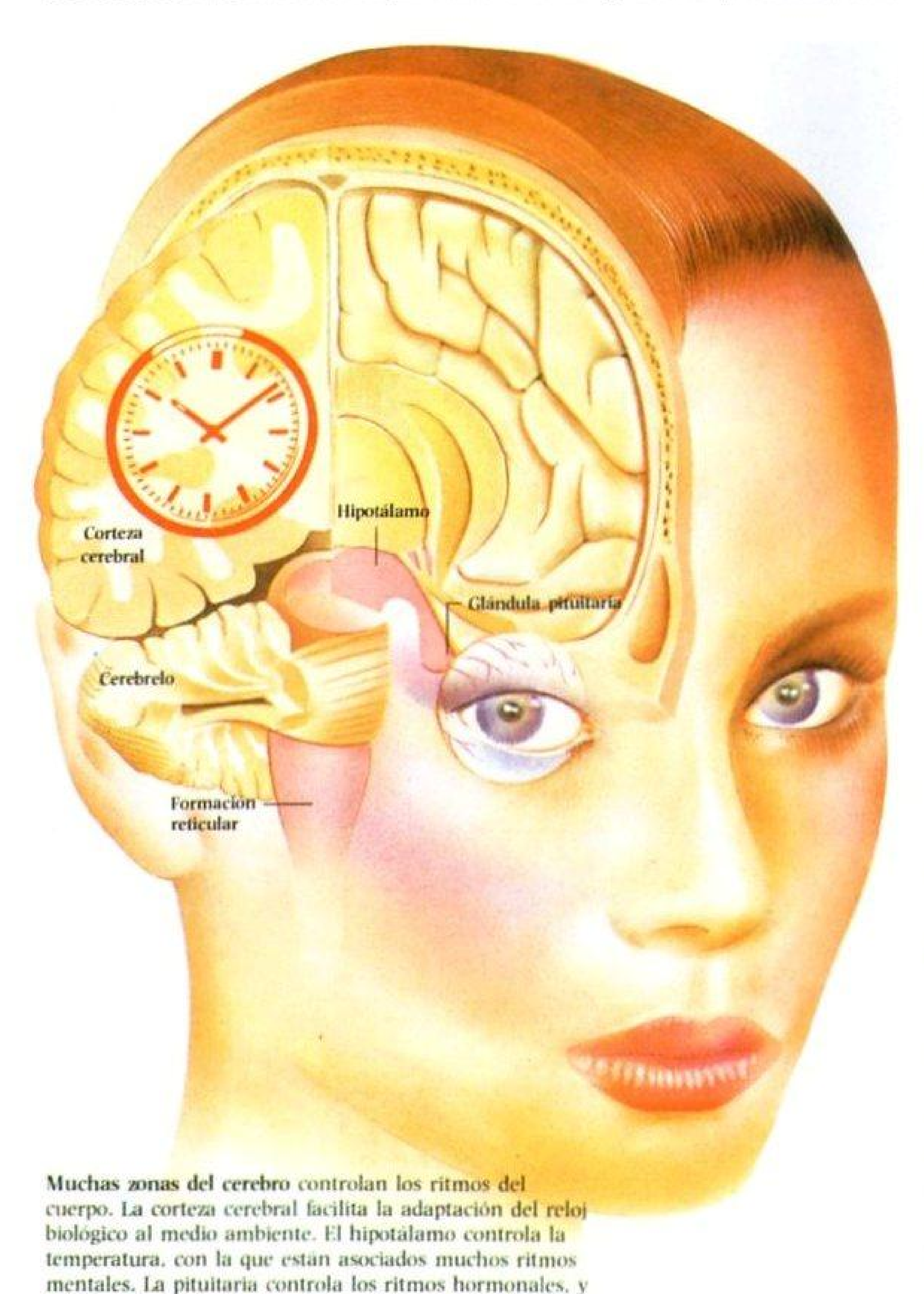


otros ritmos corporales, bien solas, bien funcionando como estaciones repetidoras del reloj magistral del cerebro. Hay dos ritmos circadianos en los que aparece involucrada la adrenalina que pueden observarse fácilmente. Cuando el cuerpo se encuentra en reposo —esto es mientras no ejecuta un ejercicio vigoroso— el corazón late despacio, lo que ocurre tras levantarnos por la mañana, y va acelerándose poco a poco durante el día. El aumento total de la frecuencia del pulso supera a menudo los 10 latidos por minuto. De manera similar, la presión sanguínea está en su punto más bajo a primera hora de la mañana, y aumenta en el transcurso del día. Ambos ritmos están controlados, al menos en parte, por el ritmo de la adrenalina, que se encuentra en su punto más bajo por la mañana temprano. Ambos tienen también cierta importancia médica, pues los cambios en la frecuencia del pulso y en la presión sanguínea pueden constituir indicadores precoces de enfermedad.

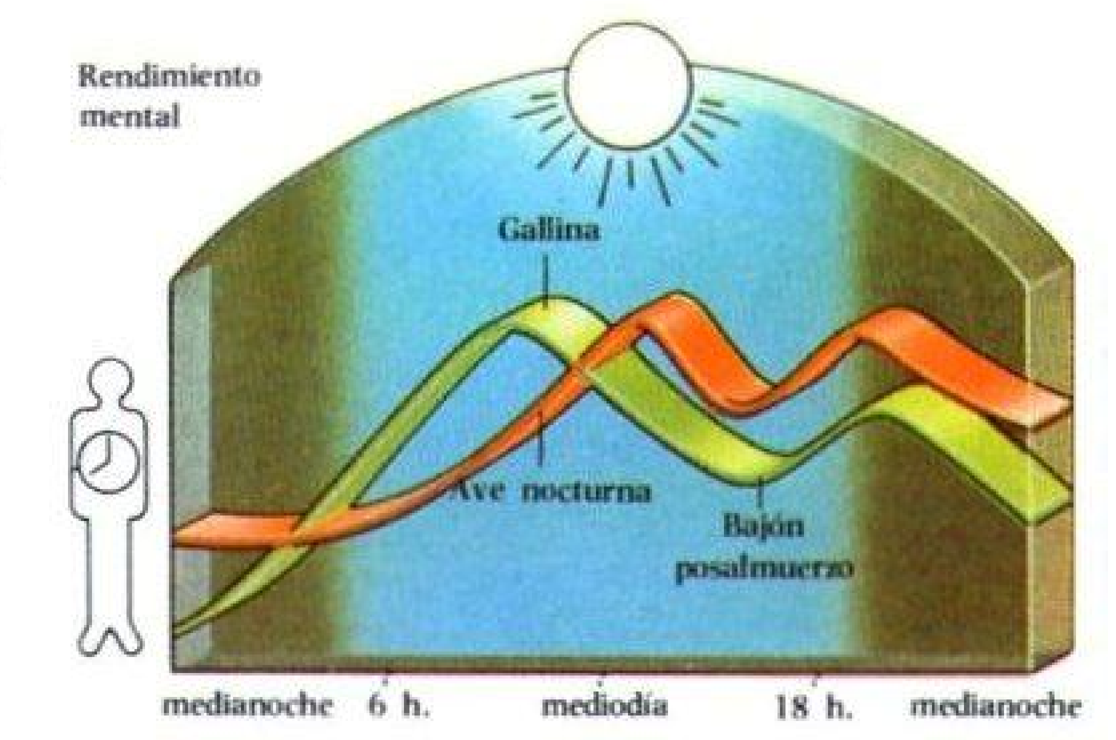
La parte exterior de cada glándula suprarrenal segrega otras hormonas, conocidas como corticoesteroides, que se elaboran y se usan en compuestos artificiales como la cortisona y otros fármacos esteroides. Estos corticoesteroides son poderosos elementos químicos que producen una enorme gama de efectos vitales en el cuerpo. Controlan la frecuencia a que tienen lugar las reacciones metabólicas del cuerpo, contribuyen a equilibrar su contenido mineral, influyen sobre la presión sanguínea y el funcionamiento de los riñones.

Al contrario que con la adrenalina, el control de la producción de corticoesteroides de las glándulas suprarrenales no se obtiene a través del sistema nervioso, sino por medio de la glándula pituitaria, una proyección en forma de pera de la parte inferior del cerebro. Las células de la pituitaria poseen un extraordinario mecanismo endógeno de medición, para comprobar la presencia en la sangre de uno de los corticoesteroides más importantes, en concreto la cortisona. Si la cantidad de cortisona de la sangre es demasiado pequeña, se activa la alarma de la pituitaria. Al «oírlo», las células de la pituitaria responden y comienzan a elaborar y enviar una hormona a las suprarrenales, para que aumente la producción de cortisona. Las mediciones de laboratorio de los niveles de cortisona de la sangre a lo largo del día revelan que éste presenta un marcado ritmo circadiano. Puede que este ritmo esté controlado por el cerebro, que tiene una gran influencia sobre el funcionamiento de la glándula pituitaria, o por un reloj local situado en la propia glándula suprarrenal.

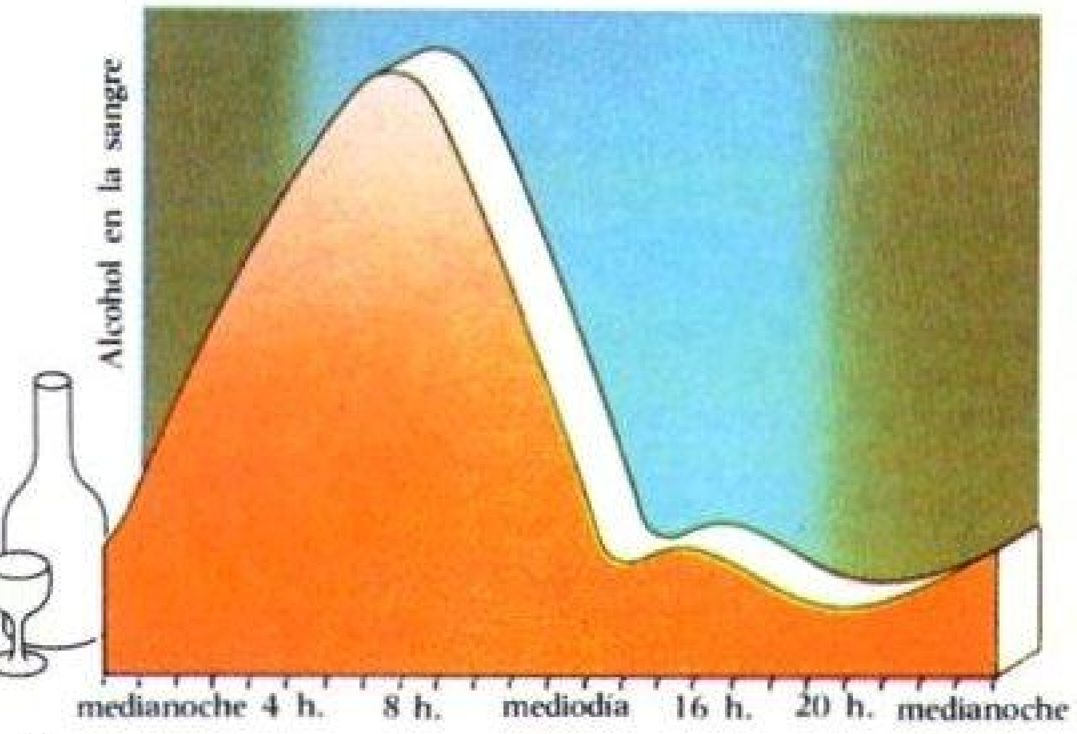
El ritmo de la cortisona es tan poderoso que sus efectos inundan otros sistemas corporales. Uno de ellos es el propio sistema sanguíneo, que contiene dos tipos de células, las células rojas, que transportan el oxígeno por el cuerpo, y las células blancas, que se cuentan entre las defensas naturales del cuerpo contra la enfermedad y participan en las reacciones alérgicas. Al aumentar el nivel de cortisona de la sangre ésta no puede albergar un tipo de células blancas llamadas eosinófilos, importantes en las reacciones alérgicas, cuyo número disminuye. Así pues, el ritmo circadiano del número de eosinófilos está dirigido por el ritmo de la cortisona, pero constituye su imagen inversa. Esto no tiene nada de sorprendente, pues se ha demostrado que las actividades rítmicas del cerebro, del corazón, de los pulmones y de la circulación están muy relacionadas. Y lo que es más, la mayoría de los órganos



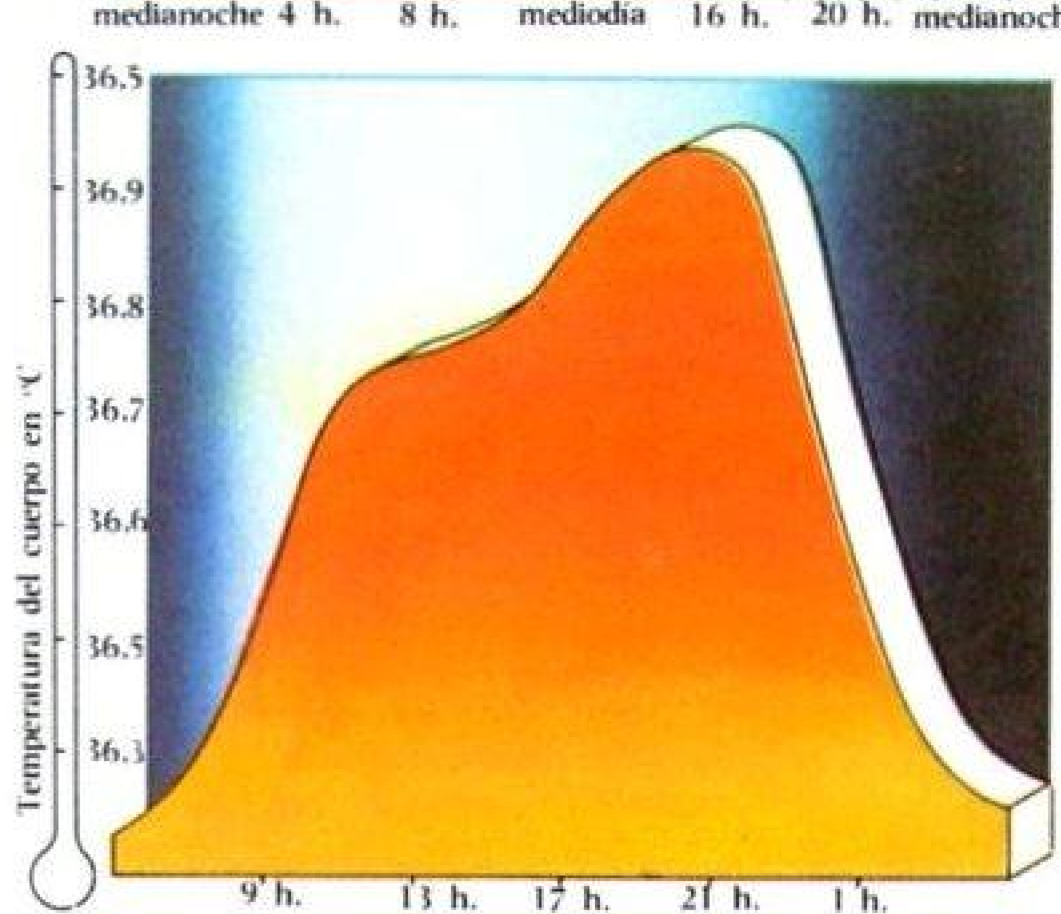
Muchas zonas del cerebro controlan los ritmos del cuerpo. La corteza cerebral facilita la adaptación del reloj biológico al medio ambiente. El hipotálamo controla la temperatura, con la que están asociados muchos ritmos mentales. La pituitaria controla los ritmos hormonales, y la formación reticular los ritmos del sueño y el despertar.



La capacidad de rendimiento experimenta variaciones en el curso del día. Los «gallinas» funcionan bien durante la mañana y se sienten cansados pronto por la noche. Los «aves nocturnas», sin embargo, tienen que hacer esfuerzos para entrar en acción por la mañana, animándose por la noche.



La medición del índice de alcohol en la sangre, tras un consumo regular de la misma cantidad cada hora, muestra un ritmo circadiano de desaparición del alcohol en la sangre. El metabolismo del alcohol se efectúa más lentamente de dos a siete de la madrugada, período en que más disminuye la capacidad mental.



Las fluctuaciones rítmicas de la temperatura corporal parecen estar relacionadas con la actividad mental. El gráfico muestra los resultados de un grupo de gente normal durante varios días. La temperatura más baja tiene lugar justo antes de despertarse, alcanza el máximo alrededor de las 9 de la noche, y luego desciende con rapidez. Los valores oscilan 0,5 °C como máximo.

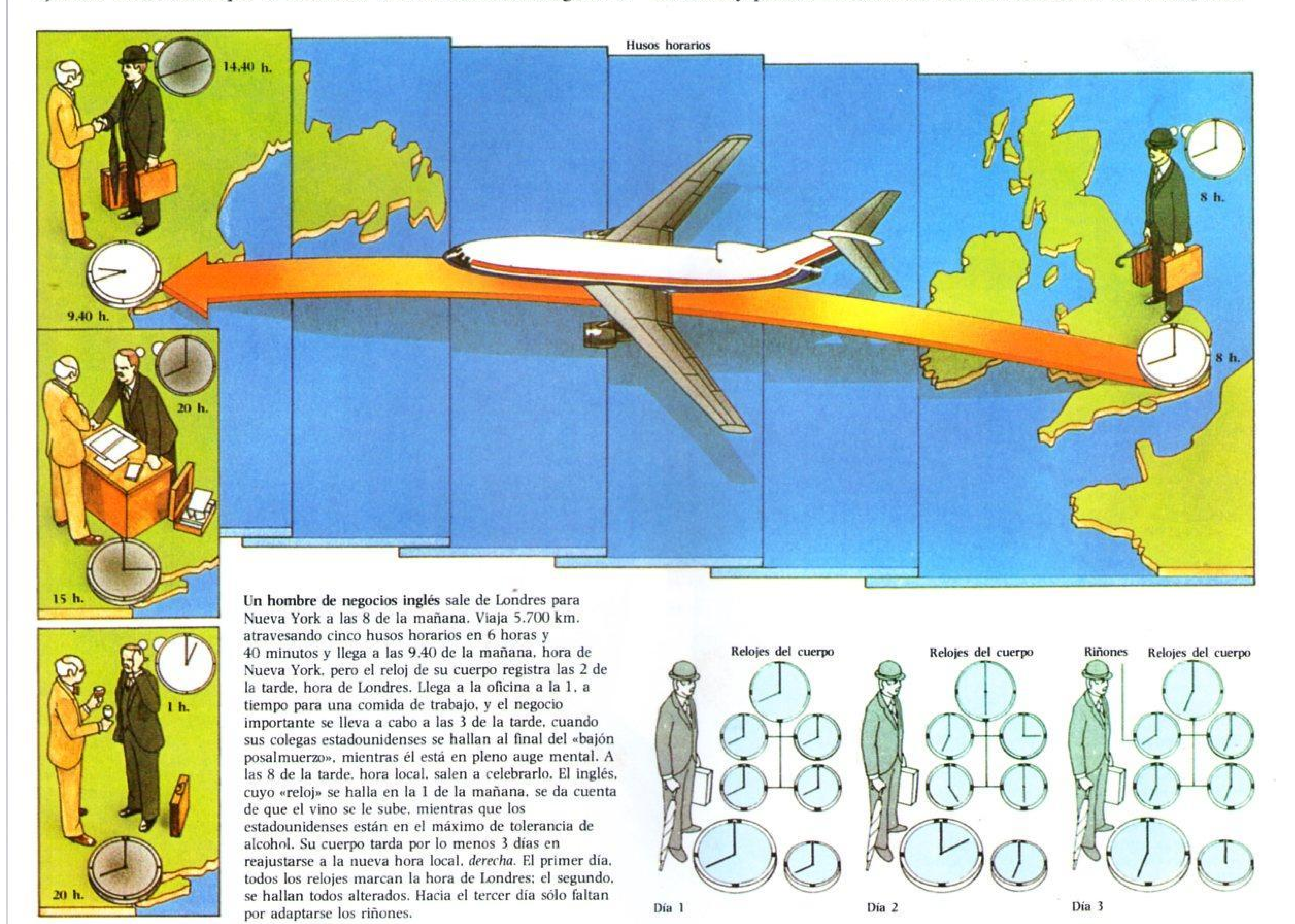
implicados en esas reacciones se ven influidos tanto por el sistema nervioso autónomo como por las hormonas liberadas por las glándulas suprarrenales.

Hay muchos tipos de actividad mental que presentan ritmos circadianos, pero el más claro es el ritmo de sueño y vigilia. Este se desarrolla poco después del nacimiento. Los bebés se pasan unas ocho horas despiertos de cada 24, pero esas horas se reparten equitativamente entre el día y la noche. Hacia los dos o tres meses emerge el patrón adulto, en el que la mayor parte del sueño se concentra de noche. El ritmo del adulto depende de los estímulos externos para mantenerse en sincronía con el mundo exterior. Sin tales estímulos se independiza y desarrolla su propio período de unas 25 horas. Afortunadamente para el hombre moderno, el ritmo de sueño y vigilia se adapta rápidamente a las nuevas circunstancias, de modo tal que algunos de nosotros podemos invertir el trabajo con eficacia razonable, aunque de noche nunca se alcanzan los niveles obtenidos de día. Sin embargo, si uno se ve obligado a permanecer despierto el ritmo se mantiene, lo cual explica por qué a alguien a quien se le impide dormir le resulta difícil permanecer despierto de noche, pero por la mañana se encuentra menos fatigado, aunque a la noche siguiente el cansancio es mayor.

Los ritmos de funcionamiento mental están muy ligados al ritmo de la temperatura corporal. Esta varía unos 0,5 °C en el transcurso de las 24 horas, presentando los valores mínimos a primera hora de la mañana. Este ritmo no es simplemente el resultado del aumento en la producción de calor debido a las reacciones químicas, las comidas y el ejercicio diario, dado que se mantiene en los individuos obligados a permanecer en la cama en reposo, y en aquellos a quienes se les suministran las comidas a intervalos regulares a lo largo de las 24 horas. La temperatura corporal está controlada por un centro en el hipotálamo, la parte del cerebro que conecta con la glándula pituitaria. El hipotálamo regula el sudor y la dilatación y el constreñimiento de los vasos sanguíneos de la piel y, mediante el estímulo de la pituitaria, influye en la secreción por parte de la glándula tiroides de la hormona tirosina, elemento químico que acelera la velocidad a que las células consumen oxígeno y metabolizan la glucosa para producir calor.

Los ritmos circadianos afectan no sólo a nuestra actuación, sino también a nuestro estado de ánimo. La mayoría de nosotros podríamos clasificarnos bien como «gallinas», los que se levantan temprano y trabajan eficazmente por la mañana pero tienen que irse a la cama pronto, o como «aves nocturnas» a quienes les resulta difícil encarar el día pero, una vez en marcha, pueden trabajar con un buen rendimiento hasta la madrugada. Algunos psicólogos afirman además que los gallinas son introvertidos y los aves nocturnas extrovertidos. Estas relaciones —y los efectos del ritmo de la temperatura— se desprenden de un estudio sobre un grupo de marineros, a quienes se clasificó según un test psicológico, y cuyos ritmos de temperatura se registraron. Los introvertidos presentaban por la mañana un aumento de la temperatura más rápido, pero la temperatura de los extrovertidos disminuía más lentamente por la tarde.

Los ritmos del funcionamiento mental cuentan con muchas aplicaciones prácticas. Resulta útil reconocerse como gallina o como ave nocturna y planear nuestros días en consecuencia. Si se es un gallina



Un hombre de negocios inglés sale de Londres para Nueva York a las 8 de la mañana. Viaja 5.700 km. atravesando cinco husos horarios en 6 horas y 40 minutos y llega a las 9.40 de la mañana, hora de Nueva York, pero el reloj de su cuerpo registra las 2 de la tarde, hora de Londres. Llega a la oficina a la 1, a tiempo para una comida de trabajo, y el negocio importante se lleva a cabo a las 3 de la tarde, cuando sus colegas estadounidenses se hallan al final del «bajón posalmuerzo», mientras él está en pleno auge mental. A las 8 de la tarde, hora local, salen a celebrarlo. El inglés, cuyo «reloj» se halla en la 1 de la mañana, se da cuenta de que el vino se le sube, mientras que los estadounidenses están en el máximo de tolerancia de alcohol. Su cuerpo tarda por lo menos 3 días en reajustarse a la nueva hora local, *derecha*. El primer día, todos los relojes marcan la hora de Londres; el segundo, se hallan todos alterados. Hacia el tercer día sólo faltan por adaptarse los riñones.

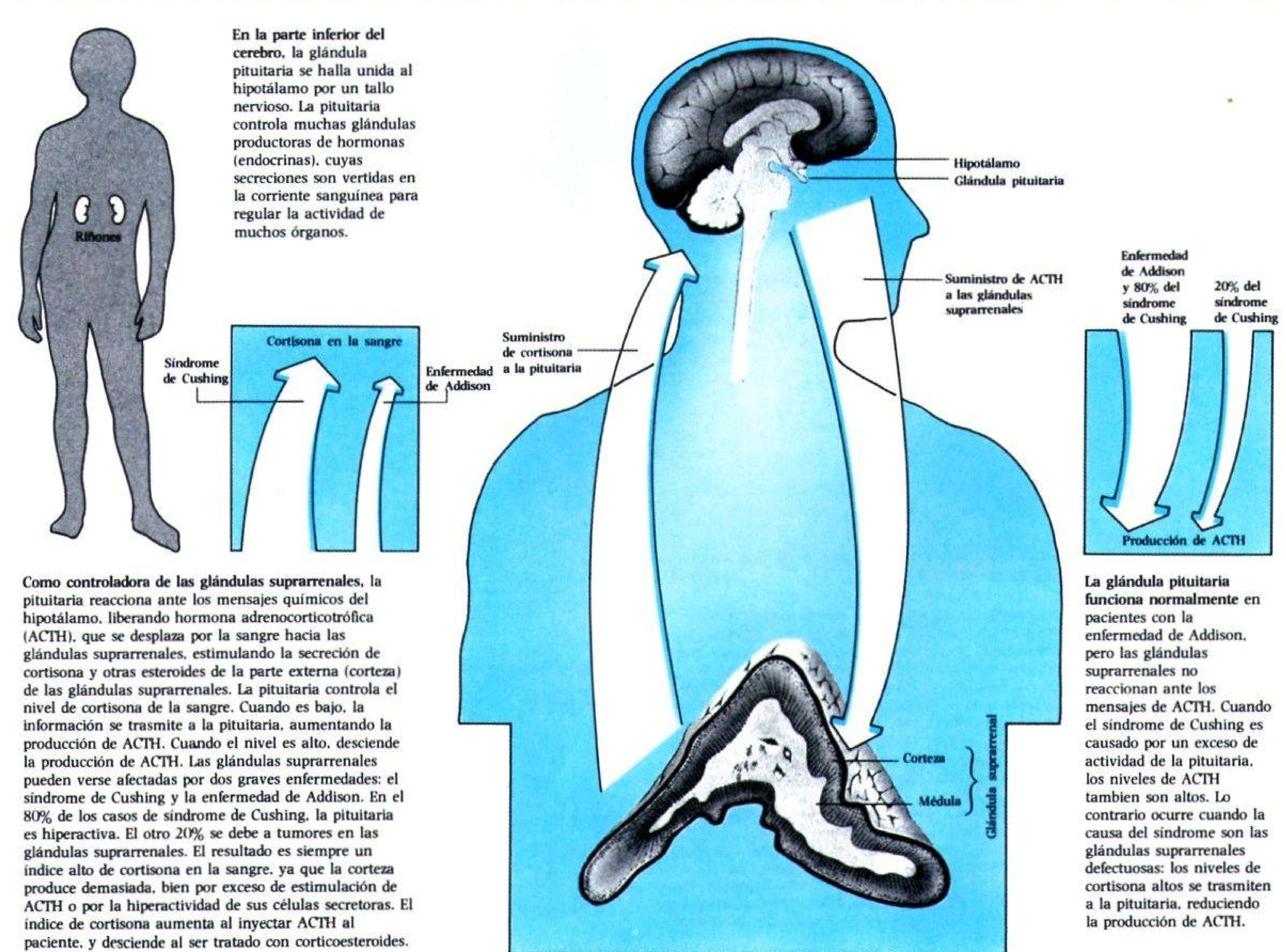
hay que levantarse temprano y relajarse hacia el atardecer. Si se es un ave nocturna hay que poner manos a la obra hacia medianoche. Resulta útil acordarse del bajón tras de la comida, sobre todo si uno anda metido en almuerzos «de trabajo». Para contar con la máxima ventaja psicológica, más vale tratar los negocios importantes antes del almuerzo, no después. De manera similar, alguien inmerso en una actividad mental extenuante sacará buen partido de un descanso de una o dos horas tras la comida.

En un desplazamiento aéreo no da tiempo suficiente a que el reloj se adapte, y el retraso debido a un vuelo a reacción se explica, al menos parcialmente, por la fatiga que se siente durante el día, al irse percatando el reloj de que en casa sería hora de acostarse. La incorporación de los misiles balísticos intercontinentales a los arsenales de las superpotencias confirió un significado militar a los ritmos circadianos. Existen zonas de los EE. UU. y de la antigua U. R. S. S. que difieren en 12 horas, aunque podían atacarse mutuamente en unos minutos. En consecuencia, el agresor podría calcular cuidadosamente su ofensiva para que se produjera en la medianoche de su enemigo; pues aunque la defensa se mantiene las 24 horas, la toma de decisiones no puede ser tan acertada de noche.

Los ritmos circadianos son relevantes para muchos tipos de enfermedades, pero sobre todo para las que afectan a las glándulas suprarrenales, así como para lo referente a los problemas que supone el usar cortisona y otros fármacos esteroides en el tratamiento de enfermedades crónicas, como la artritis reumática, durante un período largo. La clave para entender los problemas a los que son propensas las glándulas suprarrenales reside en la forma en que se controla la producción de hormonas corticoesteroides naturales. El mecanismo de control consiste en un sistema de reacción que funciona de la siguiente forma: primero el hipotálamo del cerebro elabora un elemento químico para ordenar a la pituitaria que fabrique una hormona que actúa como una especie de intermediario entre el hipotálamo y la glándula suprarrenal. La hormona, que recibe el rimbombante nombre de adrenocorticotrófica o ACTH, alcanza la corteza suprarrenal por medio de la corriente sanguínea y le ordena que comience a producir corticoesteroides, incluida la cortisona. Durante todo este proceso, la pituitaria controla la cantidad de cortisona de la sangre. Si hay demasiada, la producción de ACTH disminuye, pero si no hay suficiente, aumenta.

Se puede descubrir cuál es el ritmo circadiano al que las glándulas suprarrenales producen cortisona midiendo la cantidad de ésta presente en la sangre a intervalos superiores a un día completo de 24 horas, o midiendo la concentración de elementos químicos originados en la destrucción de las hormonas utilizadas, que se eliminan del cuerpo con la orina. El segundo procedimiento presenta un ligero retraso con relación al primero, sencillamente porque los riñones tardan un poco en realizar su tarea y liberar la orina. Lo que muestran tales mediciones es que los niveles de cortisona más bajos se localizan hacia medianoche y de madrugada, tras de lo cual ascienden hasta alcanzar un apogeo hacia las nueve de la mañana.

El hecho de que el ritmo sea posible gracias a la pituitaria implica que la sensibilidad de la pituitaria a la presencia de cortisona en la sangre ha de tener un ritmo. Ello explica que el mensaje de nivel



En la parte inferior del cerebro, la glándula pituitaria se halla unida al hipotálamo por un tallo nervioso. La pituitaria controla muchas glándulas productoras de hormonas (endocrinas), cuyas secreciones son vertidas en la corriente sanguínea para regular la actividad de muchos órganos.

Como controladora de las glándulas suprarrenales, la pituitaria reacciona ante los mensajes químicos del hipotálamo, liberando hormona adrenocorticotrófica (ACTH), que se desplaza por la sangre hacia las glándulas suprarrenales, estimulando la secreción de cortisona y otras esteroides de la parte externa (corteza) de las glándulas suprarrenales. La pituitaria controla el nivel de cortisona de la sangre. Cuando es bajo, la información se trasmite a la pituitaria, aumentando la producción de ACTH. Cuando el nivel es alto, desciende la producción de ACTH. Las glándulas suprarrenales pueden verse afectadas por dos graves enfermedades: el síndrome de Cushing y la enfermedad de Addison. En el 80% de los casos de síndrome de Cushing, la pituitaria es hiperactiva. El otro 20% se debe a tumores en las glándulas suprarrenales. El resultado es siempre un índice alto de cortisona en la sangre, ya que la corteza produce demasiada, bien por exceso de estimulación de ACTH o por la hiperactividad de sus células secretoras. El índice de cortisona aumenta al inyectar ACTH al paciente, y desciende al ser tratado con corticoesteroides.

La glándula pituitaria funciona normalmente en pacientes con la enfermedad de Addison, pero las glándulas suprarrenales no reaccionan ante los mensajes de ACTH. Cuando el síndrome de Cushing es causado por un exceso de actividad de la pituitaria, los niveles de ACTH tambien son altos. Lo contrario ocurre cuando la causa del síndrome son las glándulas suprarrenales defectuosas: los niveles de cortisona altos se trasmiten a la pituitaria, reduciendo la producción de ACTH.

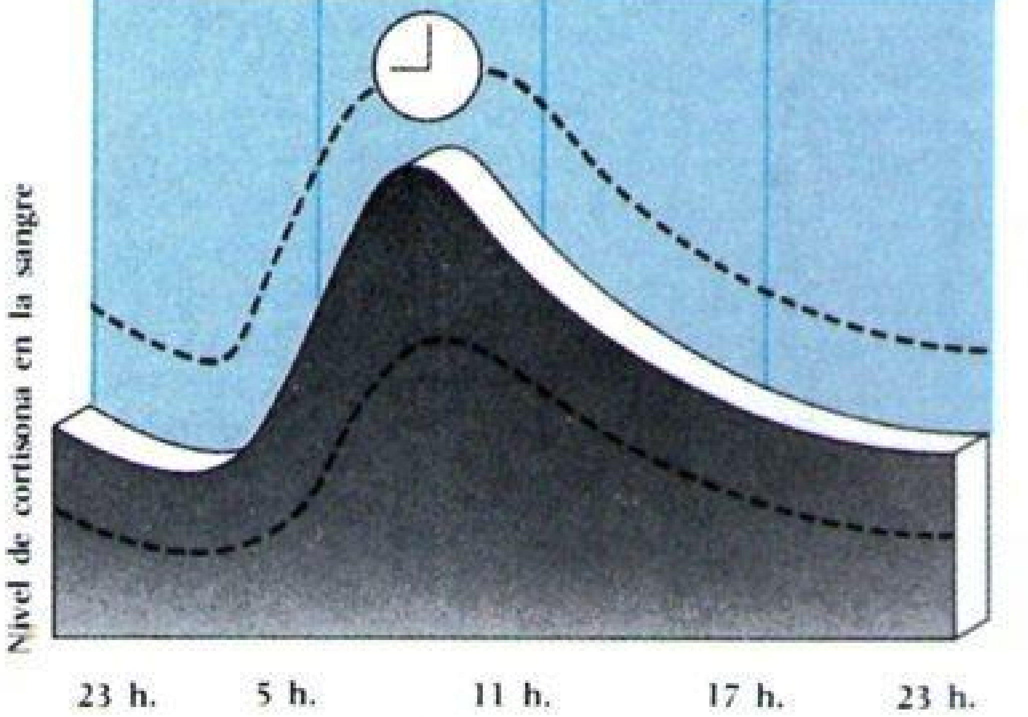
máximo de cortisona de las nueve de la mañana sea recibido por oídos sordos, mientras que a medianoche el mismo nivel de cortisona es tomado en cuenta, y la producción de ACTH disminuye considerablemente. Para comprobar este mecanismo de reacción no hay más que desbaratarlo con fármacos; método éste por el que los médicos pueden distinguir entre fallos de la pituitaria y fallos de las suprarrenales. Si se le suministra a una persona sana una de tales píldoras a las once de la noche, ésta comunicará a la pituitaria exactamente el mismo mensaje que si se tratara de un aumento natural del nivel de cortisona, y desencadenará la misma respuesta. En consecuencia, descenderá la producción de ACTH de la pituitaria, lo cual a su vez provocará un descenso de la de cortisona por parte de las suprarrenales.

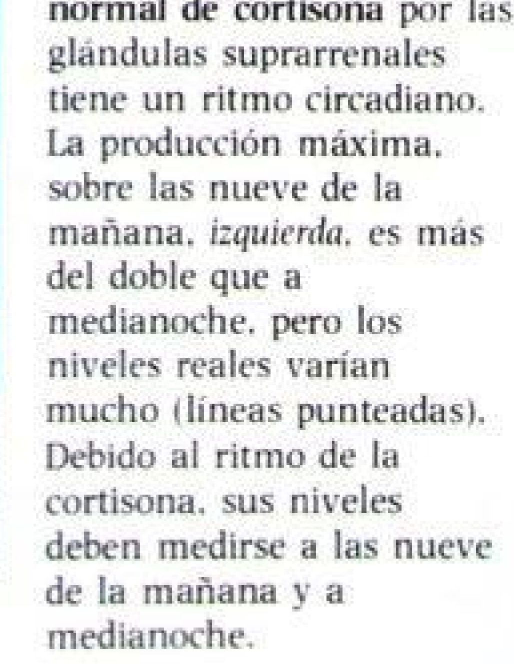
Comprender el ritmo de la cortisona es fundamental para las pruebas de laboratorio que se utilizan para diagnosticar enfermedades de las suprarrenales, sobre todo el síndrome de Cushing y la enfermedad de Addison. El síndrome de Cushing, descubierto por un cirujano de Boston, Harvey Cushing, en 1932, es consecuencia de una excesiva producción de corticoesteroides por las suprarrenales. En el 20% de los casos la causa reside en un tumor suprarrenal, mientras que el 80% restante es debido a tumores en la pituitaria, o a hiperactividad del hipotálamo.

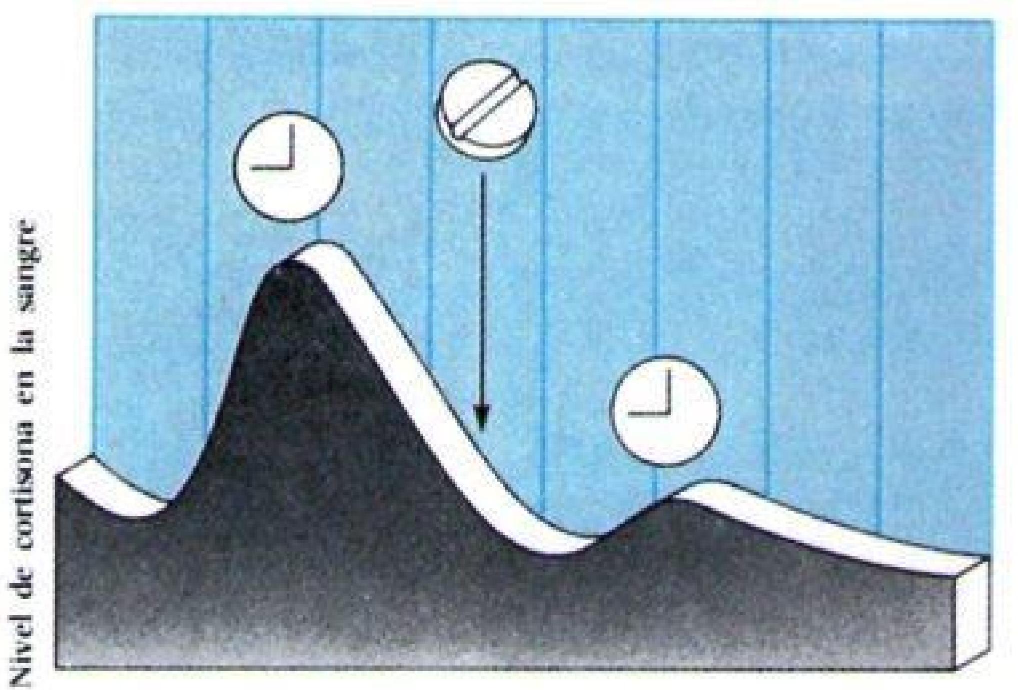
Las señales y síntomas del síndrome de Cushing se derivan de la presencia de demasiados corticoesteroides. Es típico el aumento de la grasa subcutánea, lo que origina una cara con forma de luna y una «chepa de búfalo» debido a la grasa acumulada entre la parte inferior del cuello y la parte superior de la espalda. También el tronco es obeso, pero los músculos de los miembros se debilitan, todo lo cual confiere al individuo la apariencia de un limón sobre unos palitos. La piel es delgada y se rasguña con facilidad. Los huesos —sobre todo la espina dorsal— pueden debilitarse y fracturarse, y puede que los pacientes se vuelvan psicópatas o diabéticos, o desarrollen tensión alta. Los hombres pueden volverse impotentes y quedarse calvos, mientras que en las mujeres se da un exceso de vello, pérdida del cabello e irregularidades en el ciclo menstrual.

Tras una descripción tan horrible uno podría pensar que una enfermedad desagradable hasta tal punto habría de ser fácil de reconocer, pero en sus primeras etapas puede resultar difícil diagnosticarla. En tales casos es esencial medir los niveles de cortisona, pero, debido al ritmo circadiano de producción de cortisona, no basta con una sola lectura alta para hacer un diagnóstico. Como mínimo se necesitan mediciones a las nueve de la mañana y a medianoche. Solamente cuando ambos resultados son superiores a lo normal y el ritmo ha desaparecido el diagnóstico es definitivo.

La enfermedad de Addison recibe su nombre por el médico londinense Thomas Addison, que murió en 1860. Es todo lo contrario que el síndrome de Cushing, pues de lo que se trata es de una escasa producción de corticoesteroides. La mayoría de los casos se deben a enfermedades de las glándulas suprarrenales, pero unos pocos son consecuencia de anormalidades de la pituitaria. Los pacientes con la enfermedad de Addison se debilitan mucho, pierden peso y presentan un deseo insaciable de sal. Pueden vomitar y deshidratarse. Les baja la presión sanguínea, lo cual puede interrumpir el riego del cerebro y




La producción diaria normal de cortisona por las glándulas suprarrenales tiene un ritmo circadiano. La producción máxima, sobre las nueve de la mañana, *izquierda*, es más del doble que a medianoche, pero los niveles reales varían mucho (líneas punteadas). Debido al ritmo de la cortisona, sus niveles deben medirse a las nueve de la mañana y a medianoche.



La integración del circuito de realimentación entre las glándulas suprarrenales y la pituitaria se prueba mediante el esteroide dexametasona. Suministrado a una persona normal a las once de la noche, reduce los niveles de cortisona a las nueve de la mañana del día siguiente, *izquierda:* la pituitaria reduce así la producción de ACTH y las glándulas suprarrenales han generado menos cortisona.

Síndrome de Cushing
Línea normal
Nivel de cortisona en la sangre
1 h. 9 h. 17 h. 1 h. 9 h. 17 h. 1 h.

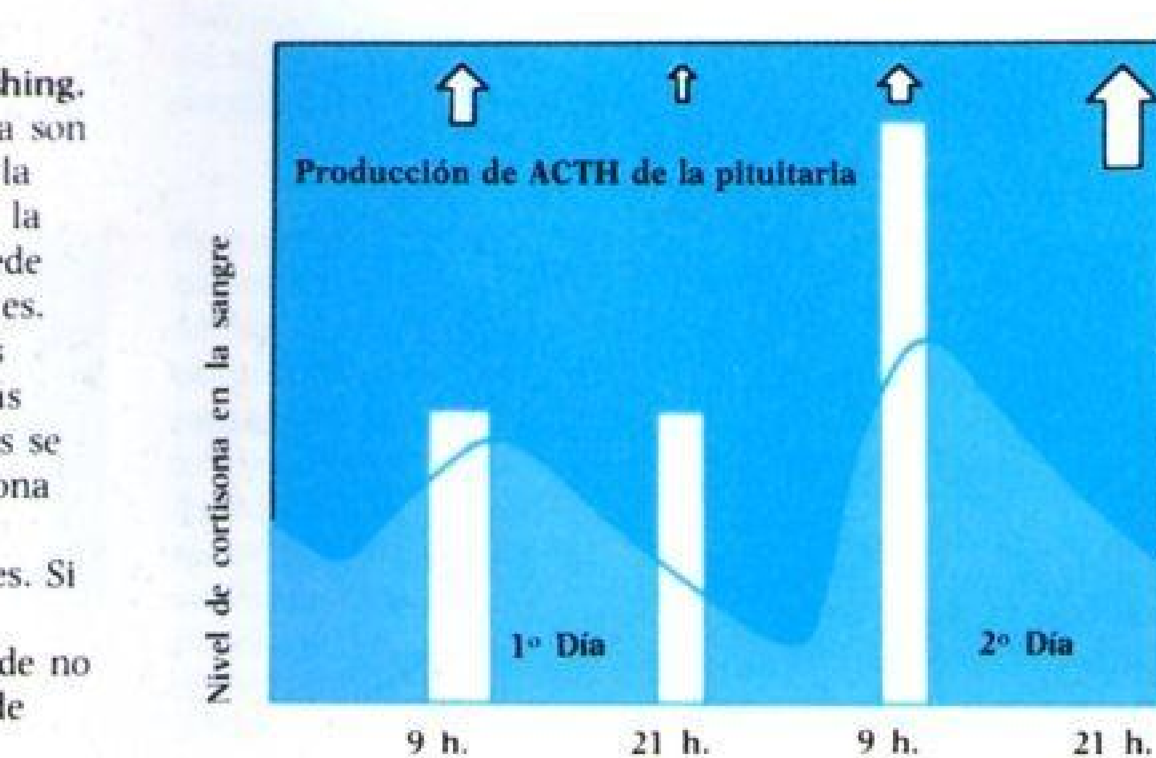
En el síndrome de Cushing, los niveles de cortisona son demasiado altos, pero la lectura a las nueve de la mañana, *izquierda*, puede revelar índices normales. Pero a medianoche los niveles son mucho más altos. En casos dudosos se suministra dexametasona para controlar las glándulas suprarrenales. Si éstas no funcionan debidamente el esteroide no suprimirá los niveles de cortisona.

Línea normal
Nivel de cortisona en la sangre
medianoche 6 h. mediodía 18 h. medianoche

El ritmo de la cortisona desciende en la enfermedad de Addison. Los niveles son bajos, pero en casos extremos pueden aproximarse a lo normal a medianoche. Este ritmo resulta importante para el diagnóstico, ya que la medición a las nueve de la mañana revelará un nivel bajo. Cuando las glándulas suprarrenales fallan la pituitaria trata de estimularlas, produciendo más ACTH.

Normal
Fallo parcial
Fallo total de glándulas suprarrenales
Nivel de cortisona en la sangre
Minutos 15 30 45 60

Para confirmar el diagnóstico de la enfermedad de Adisson se inyecta la hormona ACTH, midiendo los niveles de cortisona en la sangre 30 y 60 minutos después. Las glándulas suprarrenales reaccionan aumentando la producción de cortisona, y el fallo total se detecta por la ausencia de reacción.



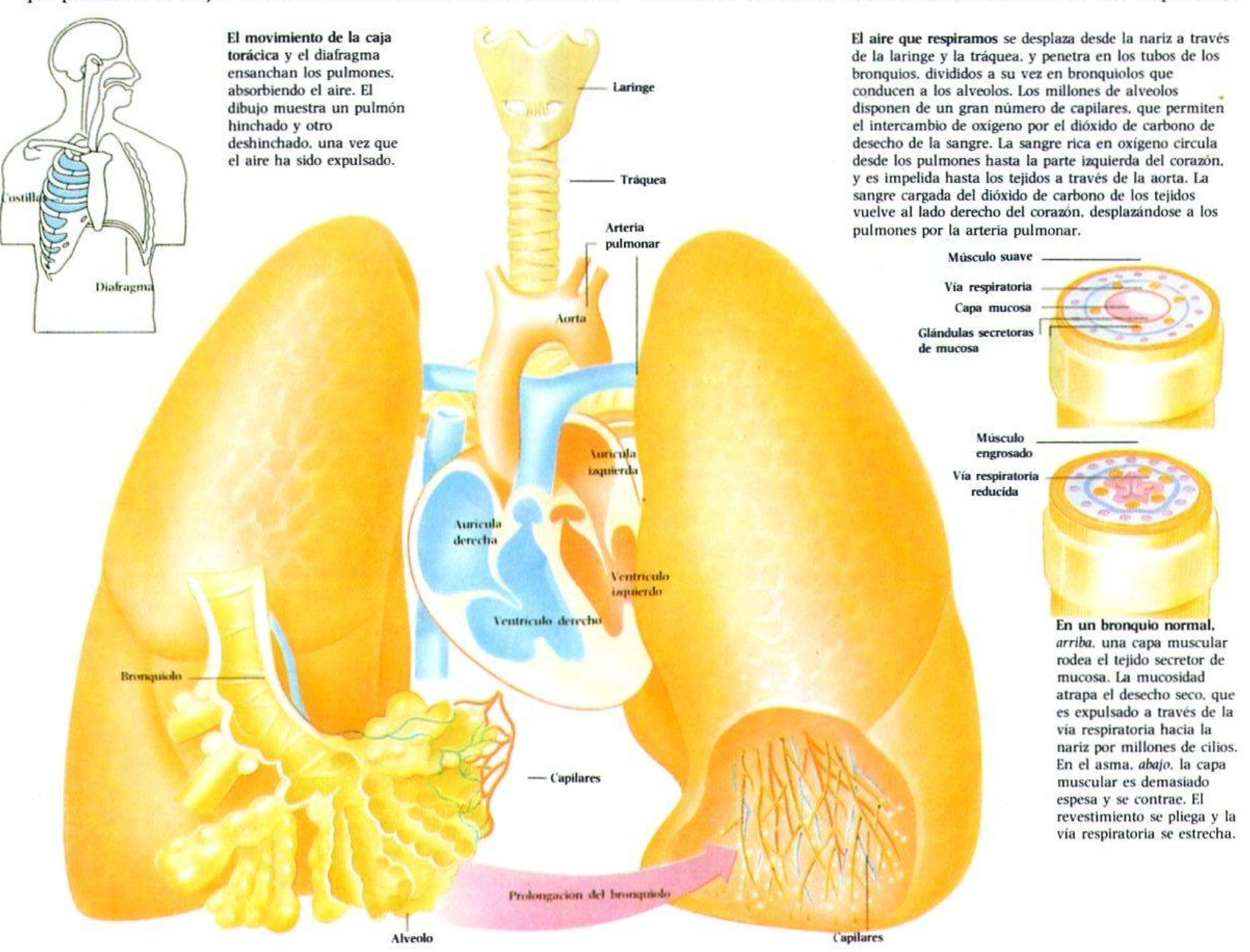
El tratamiento prolongado con esteroides puede reducir la producción de ACTH y contraer las glándulas suprarrenales. Los medicamentos se suministran normalmente a las nueve de la mañana y a las nueve de la noche (el primer día). Pero a las nueve de la noche, la pituitaria es más sensible a los esteroides, de modo que la producción de ACTH baja.

provocar mareos. En la mayoría de los casos, debidos a enfermedad de las glándulas suprarrenales, la pituitaria, al tratar de corregir el desequilibrio se vuelve hiperactiva, y libera una cantidad excesiva de otra hormona que desencadena una superproducción de la sustancia marrón de la piel, la melanina —el pigmento del bronceado natural—; ello trae consigo un oscurecimiento de la piel, más ostentoso en las arrugas. El trastorno del ritmo circadiano normal de la producción de cortisona es típico de la enfermedad de Adisson, heco éste que constituye una valiosa ayuda a la hora de diagnosticar. Además, los niveles de cortisona se estabilizan en un índice bajo a lo largo de las 24 horas.

El ritmo suprarrenal reviste una particular importancia en lo referido al uso de cortisona y otros fármacos corticoesteroides para el tratamiento del asma, la artritis reumática y otras enfermedades crónicas, así como para la administración de fármacos similares tras un trasplante. En todos estos casos se usan corticoesteroides porque reducen la inflamación o, en el caso de los trasplantes, eliminan la reacción que hace que el cuerpo rechace un tejido extraño. Desgraciadamente, el uso prolongado de corticoesteroides a menudo trae consigo toda una serie de complicaciones, entre ellas la distribución anormal de la grasa, y la fractura de los huesos de la espina dorsal, típica del síndrome de Cushing. Las glándulas suprarrenales se encogen, y no pueden responder produciendo más cortisona a una situación de tensión máxima, como la de una operación. Esto explica por qué los fármacos esteroides pueden ser peligrosos si no se limita su dosis al mínimo. Sirviéndose del ritmo natural circadiano, los médicos pueden manipular la dosis para que produzcan el mejor efecto. Si se suministra todo el tratamiento diario de esteroides en una sola dosis hacia las nueve de la mañana, cuando la pituitaria es menos sensible al fármaco, éste interferirá menos en el sistema de reacción. En el tratamiento de la artritis reumática la teoría y la práctica han estado en completo acuerdo, y es de esperar que ocurrirá lo mismo con otras enfermedades.

En el asma se da un ritmo circadiano tan marcado que incluso el enfermo lo percibe claramente. Ya en los siglos II y III a.C., los médicos sabían que los ataques de asma son más corrientes de noche. En el siglo XVII se pensaba que eran debidos a un excesivo calentamiento del cuerpo por la noche; sólo a finales del siglo pasado el descubrimiento de una asociación entre la alergia y el asma ofreció una posible explicación para esos ataques nocturnos. Se creía que los pacientes reaccionaban a las plumas de las almohadas o a los acáridos domésticos del polvo que viven en los colchones, agentes a los que los enfermos de asma se veían menos expuestos de día. Se ha sugerido también que la causa es la postura horizontal durante el sueño, pero todas estas teorías se echan por tierra con simples experimentos. Se da asma nocturno en pacientes sin ninguna alergia; y la postura no tiene nada que ver, porque la frecuencia es la misma aun cuando los pacientes se pasen la noche sentados.

La clave del predominio de los ataques de asma nocturnos reside en la propia naturaleza de la enfermedad, que sólo se ha llegado a comprender recientemente. En el asma, las vías de entrada y salida del aire de los pulmones presentan una sensibilidad anormal. Estos tubos, o bronquios, están rodeados por una envoltura muscular que al ser estimulada se contrae demasiado, estrechando las vías respiratorias



El movimiento de la caja torácica y el diafragma ensanchan los pulmones, absorbiendo el aire. El dibujo muestra un pulmón hinchado y otro deshinchado, una vez que el aire ha sido expulsado.

El aire que respiramos se desplaza desde la nariz a través de la laringe y la tráquea, y penetra en los tubos de los bronquios, divididos a su vez en bronquiolos que conducen a los alveolos. Los millones de alveolos disponen de un gran número de capilares, que permiten el intercambio de oxígeno por el dióxido de carbono de desecho de la sangre. La sangre rica en oxígeno circula desde los pulmones hasta la parte izquierda del corazón, y es impelida hasta los tejidos a través de la aorta. La sangre cargada del dióxido de carbono de los tejidos vuelve al lado derecho del corazón, desplazándose a los pulmones por la arteria pulmonar.

En un bronquio normal, *arriba*, una capa muscular rodea el tejido secretor de mucosa. La mucosidad atrapa el desecho seco, que es expulsado a través de la vía respiratoria hacia la nariz por millones de cilios. En el asma, *abajo*, la capa muscular es demasiado espesa y se contrae. El revestimiento se pliega y la vía respiratoria se estrecha.

hasta casi bloquearlas. Además, los asmáticos producen cantidades excesivas de moco, un fluido en el que quedan atrapadas las partículas de polvo que se hayan inhalado hasta los pulmones para que puedan ser devueltas a las vías respiratorias, a través de un flujo constante que se expectora con regularidad.

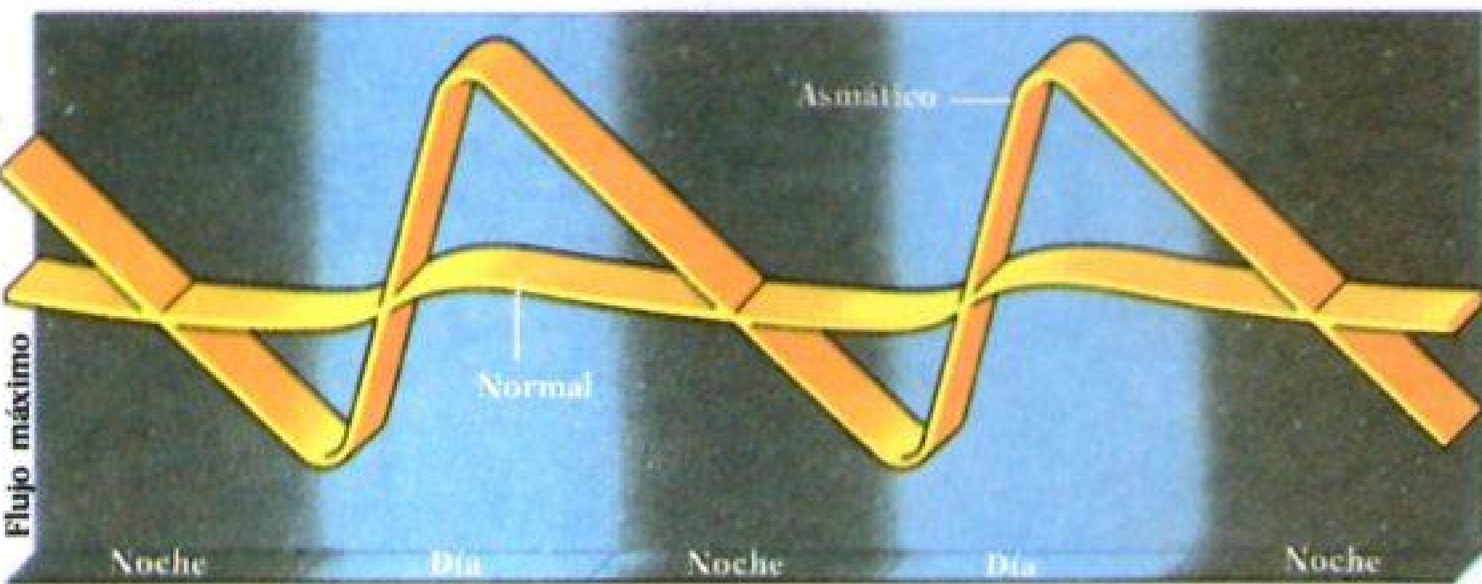
El cambio circadiano de la anchura de los bronquios puede medirse según el ritmo de flujo máximo; se trata del índice máximo de flujo de aire que puede producir una persona al soplar lo más fuerte que pueda. El descenso del índice de flujo máximo significa que las vías respiratorias se han estrechado; algo similar al agua que sale del grifo más lentamente cuando las cañerías están atascadas. No se ha descubierto todavía el mecanismo que controla el ritmo de flujo máximo, pero hay varias explicaciones posibles. Las vías respiratorias se dilatan como consecuencia de los mensajes nerviosos de la parte simpática del sistema nervioso autónomo. Estos mensajes se cuentan entre las reacciones que preparan al cuerpo para enfrentarse al ajetreo, y que contribuyen a introducir más aire en los pulmones. El reverso de la moneda lo constituye el constreñimiento de las vías respiratorias, debido a los mensajes hormonales que llegan a través de los nervios parasimpáticos. Puede ser que el ritmo se derive de la actividad alternante de las dos partes del sistema, siendo un reloj cerebral el que establece el equilibrio.

Otra posibilidad es que el ritmo del asma sea consecuencia del ritmo circadiano de la secreción de cortisona por las glándulas suprarrenales. La razón en que se apoya esta sugerencia es que la cortisona y otros fármacos similares tienden a ensanchar los bronquios de los asmáticos —acción que se describe como broncodilatación— y contribuyen a frenar el exceso de la producción de moco. Podría ocurrir que el bajo nivel de la producción nocturna de cortisona provocara asma nocturno, pero los experimentos parecen indicar que esto no es así. La explicación más plausible es que, dado que la adrenalina hace que los bronquios se ensanchen, este ritmo es consecuencia del de la producción de adrenalina: al disminuir ésta durante la noche se produce un estrechamiento de las vías respiratorias de los asmáticos y sobreviene el ataque.

El ritmo de flujo máximo se ha convertido en un instrumento útil en el tratamiento del asma, y hay muchos pacientes que están aprendiendo a registrar en su casa su propio ritmo de flujo máximo. Esto les permite reconocer las primeras etapas de un ataque. Si advierten varios descensos del flujo máximo por la noche, ello es señal de que su asma se ha desestabilizado y necesitan tratamiento. En el hospital se sigue la misma práctica tras el ingreso de un asmático que haya sufrido un ataque fuerte. Las lecturas del flujo máximo se van elevando según se pasa el ataque, pero si hay grandes descensos por la noche puede ser inminente una recaída. Así pues, el ritmo circadiano es un test constante de la sensibilidad de las vías respiratorias de los asmáticos; una sensibilidad exacerbada significa riesgo de un ataque que viene anunciado por profundos descensos nocturnos del índice de flujo máximo. A veces es difícil diagnosticar el asma, porque sólo provoca síntomas durante la noche, y como los pulmones parecen normales de día puede confundirse con diversos tipos de enfermedad cardíaca. No obstante, bastará registrar durante unos días el ritmo de flujo máximo para resolver el diagnóstico.



Para comprobar la capacidad de sus vías respiratorias, el paciente tiene que soplar con todas sus fuerzas por un aparato que mide el máximo flujo de aire que sale del pulmón, *izquierda*. En pacientes asmáticos la prueba regular de flujo muestra un ritmo circadiano, con un nivel mínimo a primera hora de la mañana y por la noche, *abajo*, asociado a ataques. Un patrón similar existe en personas sin asma, con menos variación. El asma nocturno parece ser una exacerbación del ritmo circadiano normal de la capacidad de las vías respiratorias.





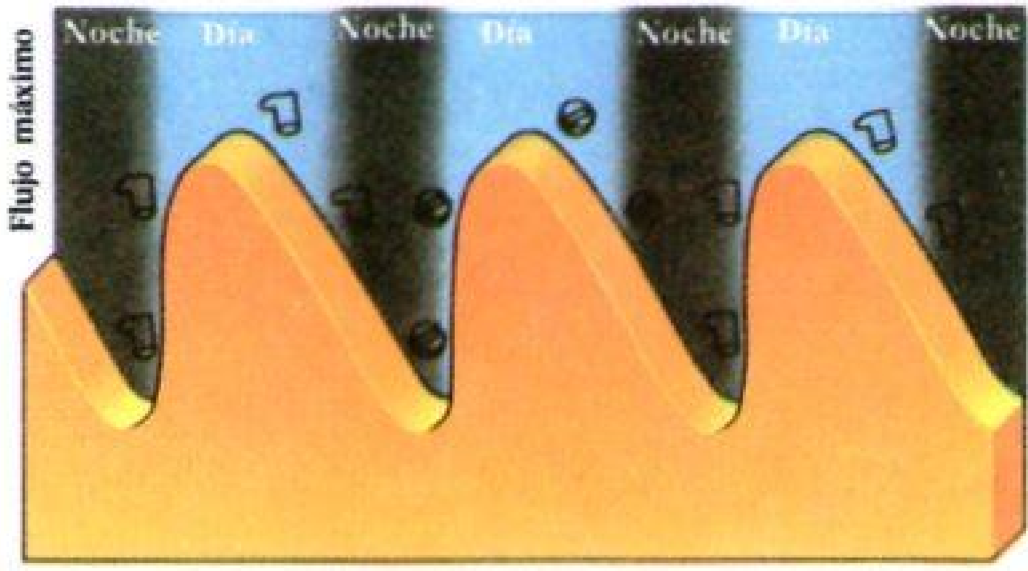
El trabajo por turnos puede resultar beneficioso para un asmático. Durante el turno de día, el flujo máximo se halla al mínimo durante la noche, pero durante el turno de noche el ciclo de sueño-despertar se halla desfasado doce horas con respecto al patrón normal, *abajo*. Esto altera el reloj que controla el ritmo de flujo máximo y durante un tiempo se reduce la diferencia entre lectura máxima y mínima, siendo la mínima cuando despierta el paciente al principio del «día». El ritmo se sincroniza con el sueño y el despertar, pero su amplitud no alcanza el máximo hasta volver al trabajo diurno.



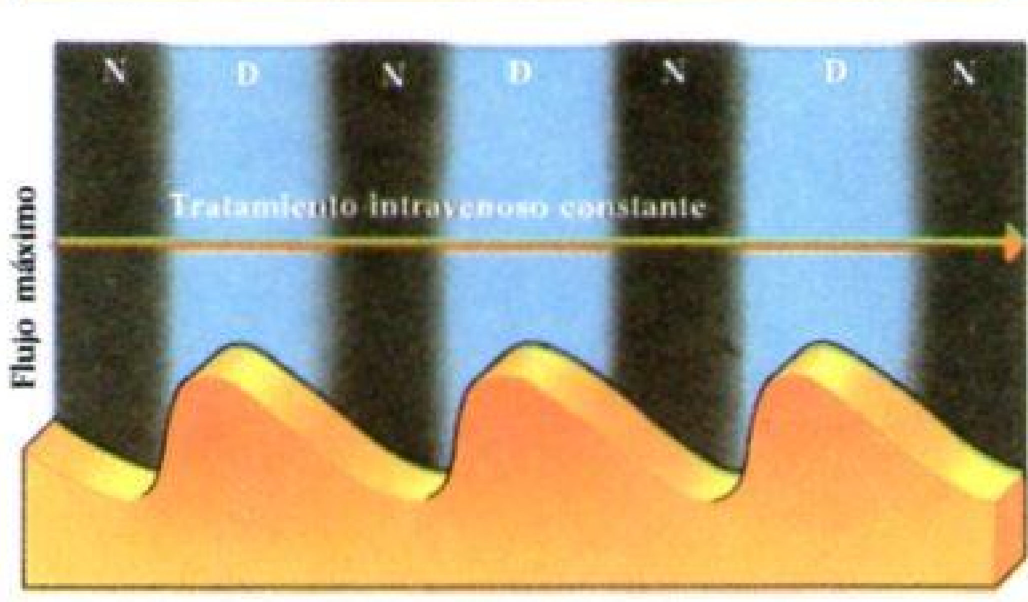


El tratamiento rutinario del asma se hace mediante un medicamento extraído a gotas de un aerosol presurizado, *izquierda*, inhalado o por pastillas. El medicamento actúa imitando los efectos de la adrenalina y otras sustancias producidas de un modo natural por la zona interna o médula de la glándula suprarrenal. Los esteroides pueden ser también de utilidad en el tratamiento del asma, ya que dilatan las vías y reducen el exceso de secreción de mucosa, pudiendo aumentar la sensibilidad de las vías respiratorias a otros medicamentos.

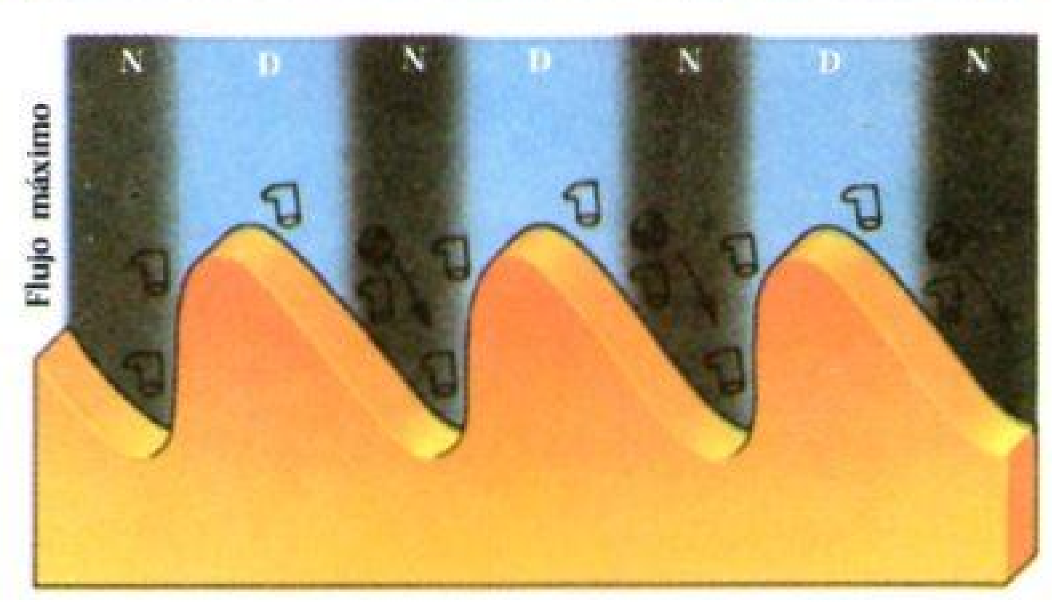
El tratamiento eficaz del asma mediante medicamentos resulta difícil debido a los problemas prácticos de acoplar el tratamiento a los niveles mínimos en flujo máximo. Los pacientes sufren a menudo ataques nocturnos, necesitando por ello sobredosis.



Los asmáticos internados en un hospital pueden recibir continuamente, por vía intravenosa, medicamentos que dilaten sus vías respiratorias. Con un suministro constante se reducen los descensos de flujo máximo en la noche, aunque no se eliminan completamente.



Para un asmático no internado, el término medio adecuado entre teoría y práctica es el suministro regular de medicamentos con aerosol durante el día, y durante la noche tomar pastillas de acción prolongada que disuelvan progresivamente el medicamento en la sangre.



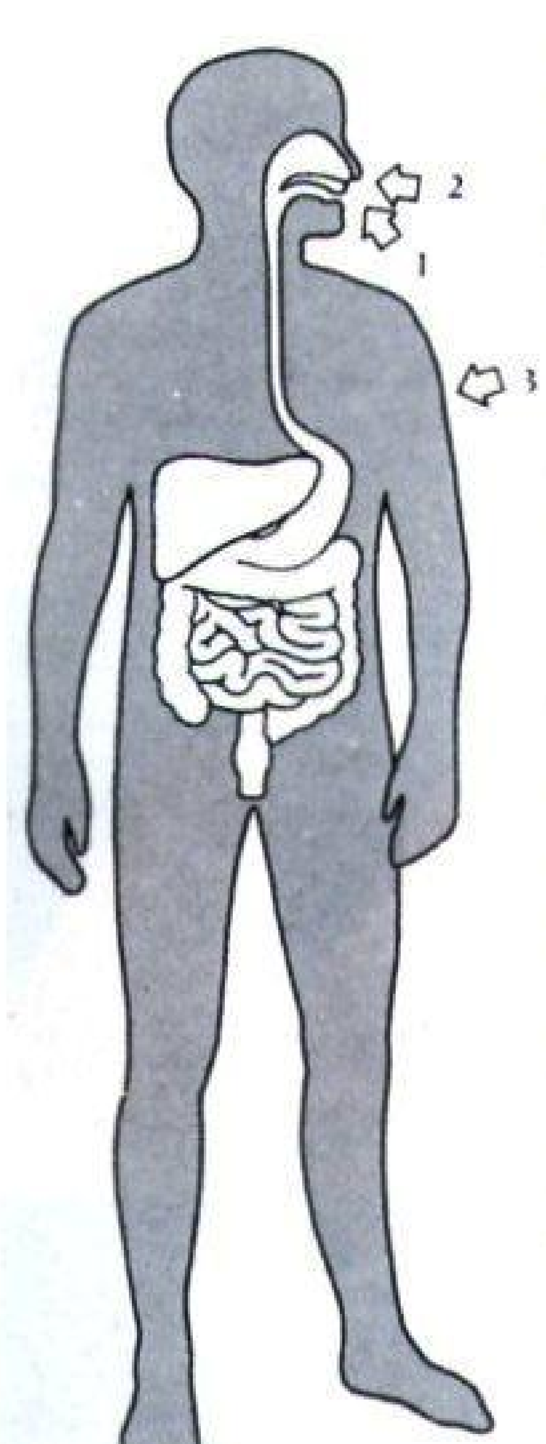
Al igual que otros ritmos circadianos, el ritmo de flujo máximo acusa la inversión del trabajo. Al cambiar a un turno de noche, el ritmo se desbarata durante uno o dos días, y su amplitud disminuye, lo que constituye un raro ejemplo de efectos beneficiosos al invertir el trabajo. Los pacientes que presentan asma nocturno grave encuentran a menudo que su problema mejora gracias a un patrón de cambio rápido de los turnos de trabajo, porque ello trastorna el reloj biológico, que no puede entonces estimular sus sensibles vías respiratorias. Dado que el asma empeora siempre durante el sueño y al levantarse, si los asmáticos pasan a un turno de noche su asma empeoraría de día.

El interés por la importancia potencial de los ritmos circadianos en el tratamiento, tanto con fármacos como con bisturí, va en aumento. Si han de servir para algo los fármacos deben ser introducidos en el cuerpo, y transportados allí donde han de ejercer un efecto beneficioso. Al mismo tiempo, parte de la droga llegará al hígado donde será descompuesta (metabolizada). Normalmente esta acción del hígado disminuye el efecto del medicamento, pero de hecho el propio hígado transforma ciertas drogas en sustancias más potentes. Tras de un cierto tiempo, los fármacos son filtrados por los riñones y depositados en la orina, por lo general después de que el hígado los haya metabolizado. Todos estos procesos pueden verse afectados por los ritmos circadianos, y puede que estén dirigidos por relojes individuales.

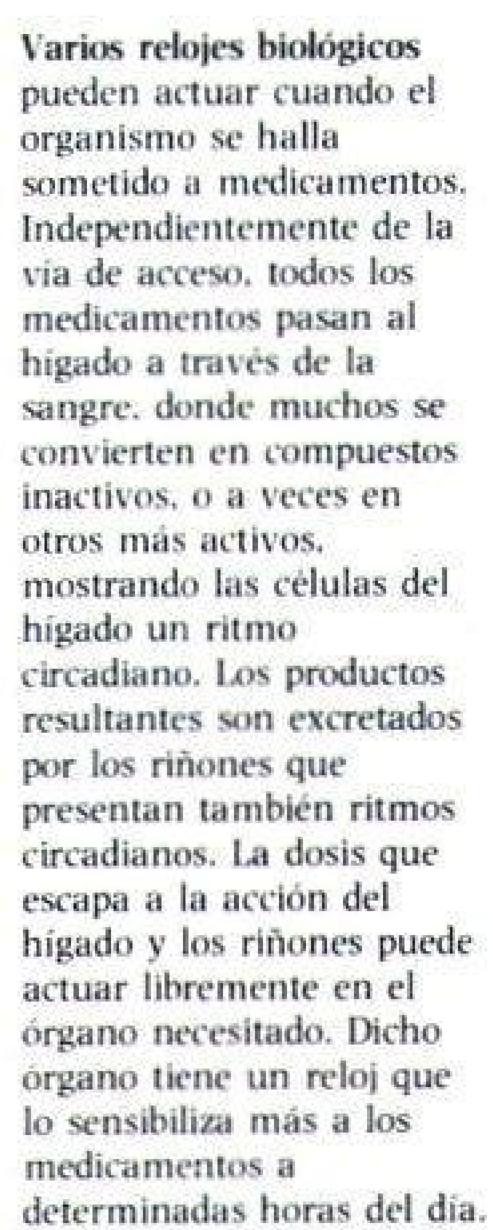
La mayoría de los fármacos se ingieren tragándolos o inhalándolos, o mediante inyecciones o supositorios. Dado que es molesto despertarse para tomarlos, el tratamiento se suministra normalmente a intervalos regulares durante la vigilia. No obstante, en algunos casos es fundamental que el médico tenga en cuenta si esto es lo mejor. Por ejemplo, en la diabetes se emplean inyecciones de insulina para suplir una deficiente producción natural del páncreas. Los diabéticos tienen que reproducir el ritmo natural de la producción de insulina, previendo las comidas y controlando la cantidad, la calidad y el momento adecuado para las mismas. La mayoría prefieren tomar una gran dosis de insulina por la mañana, que acompañe al desayuno y el almuerzo, y una más pequeña por la tarde, que se encargue de la cena. Las dosis excesivas de insulina por la noche pueden ser peligrosas, pues hacen que el nivel de azúcar de la sangre descienda demasiado mientras el diabético duerme.

Las investigaciones realizadas sobre el hígado y los riñones revelan que ambos órganos presentan ritmos circadianos, por lo que resulta razonable suponer que se ocupen de los fármacos conforme a un ritmo circadiano. Conocido dicho ritmo, las drogas pueden administrarse de modo que se obtenga el máximo efecto. El mejor momento para administrar las que el hígado descompone es cuando éste presenta una actividad baja; pero las que se transforman en sustancias más activas son más eficaces si se administran cuando el hígado es más activo. En el caso de los fármacos que se eliminan a través de los riñones sin ser metabolizados, la administración del tratamiento debería reflejar el período de mínima excreción. También los órganos que reaccionan ante los fármacos pueden presentar ritmos circadianos. Los bronquios de los asmáticos constituyen un ejemplo. Como los bronquios son menos sensibles de noche, es lógico suministrar las mayores dosis por la tarde.

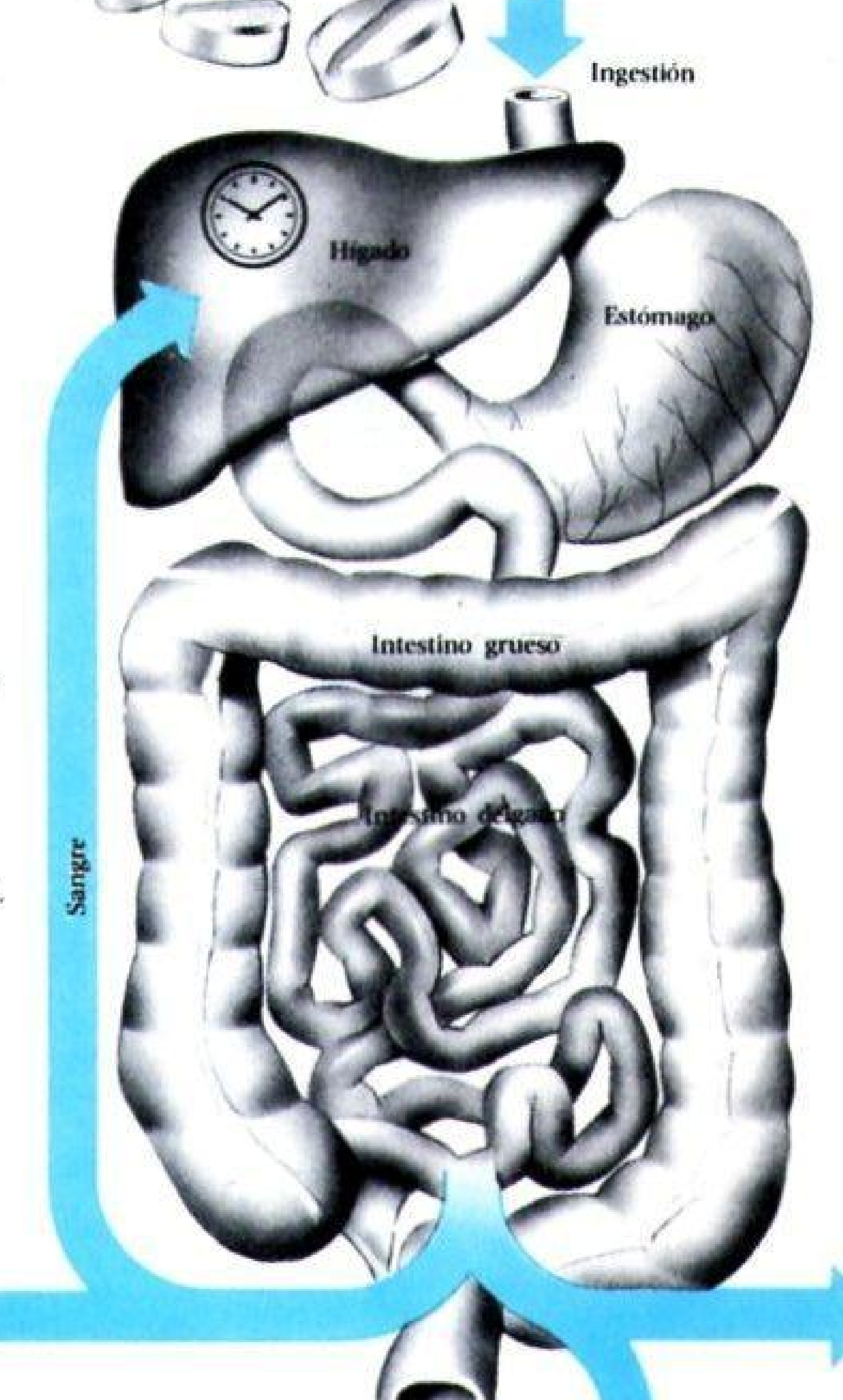
El estudio del momento adecuado para la acción de los fármacos ha aportado resultados muy importantes para el tratamiento de las



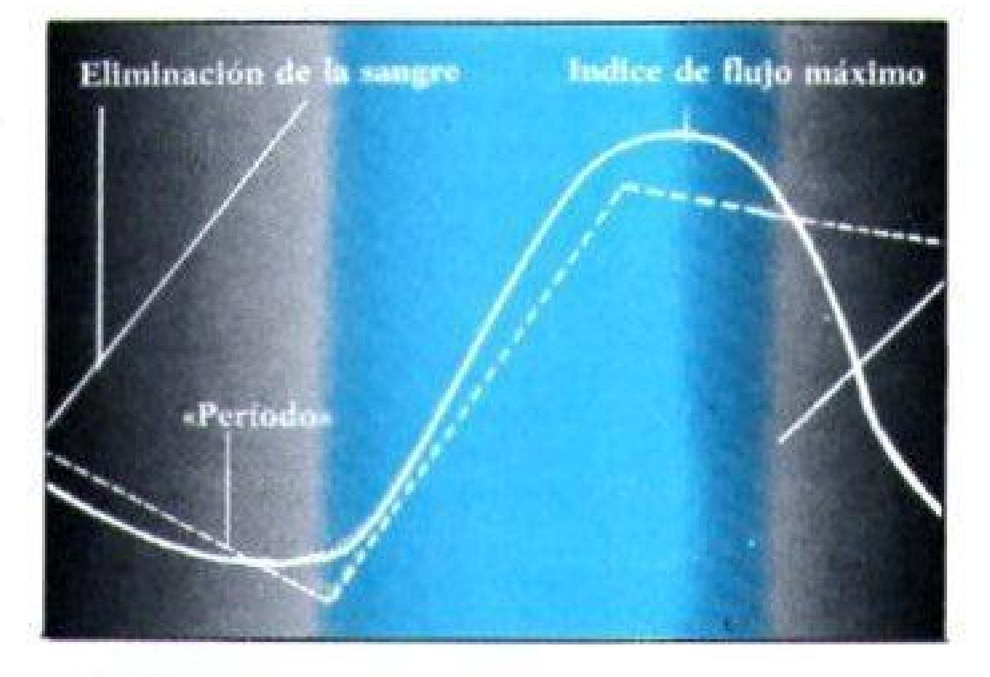
Los medicamentos se administran por vía oral (1). Pero, así, tienen que resistir la destrucción efectuada por los ácidos del estómago, y absorberse con facilidad a través de la pared intestinal. Los pulmones tienen un abundante suministro de sangre, por lo que pueden ser inhalados los medicamentos (2). En casos de emergencia, o de destrucción del medicamento en el estómago, la inyección entra directamente en la sangre (3).



Varios relojes biológicos pueden actuar cuando el organismo se halla sometido a medicamentos. Independientemente de la vía de acceso, todos los medicamentos pasan al hígado a través de la sangre, donde muchos se convierten en compuestos inactivos, o a veces en otros más activos, mostrando las células del hígado un ritmo circadiano. Los productos resultantes son excretados por los riñones que presentan también ritmos circadianos. La dosis que escapa a la acción del hígado y los riñones puede actuar libremente en el órgano necesitado. Dicho órgano tiene un reloj que lo sensibiliza más a los medicamentos a determinadas horas del día.

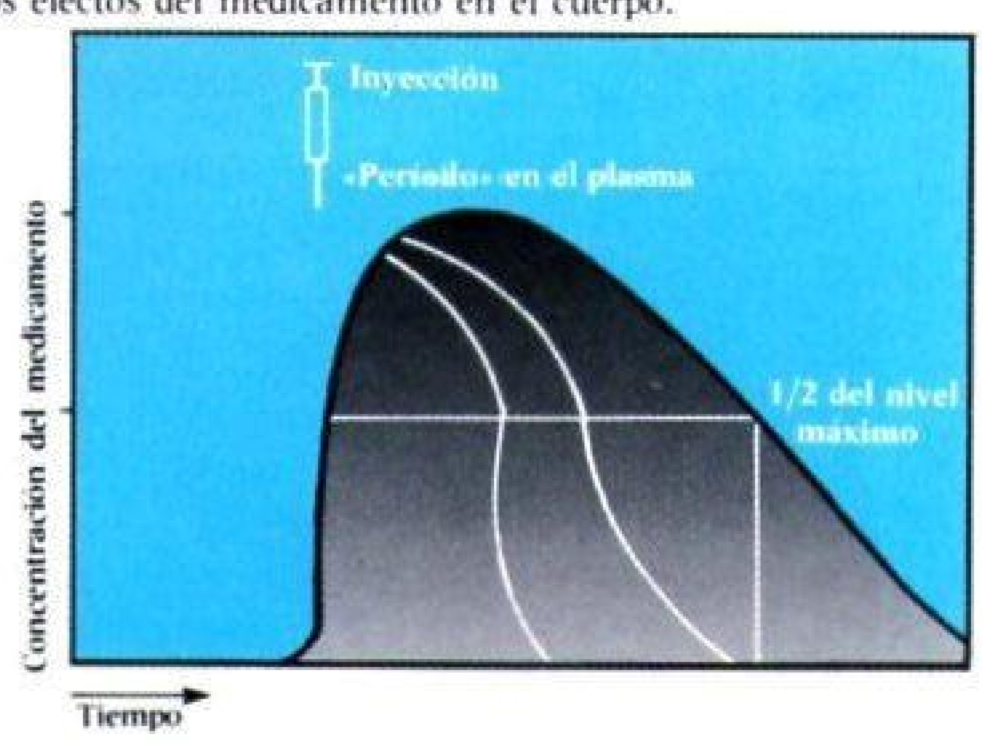






La actividad de un medicamento puede manifestar un ritmo circadiano. La teofilina administrada a un asmático para ensanchar las vías respiratorias y aumentar el flujo máximo, es eliminada de la sangre por los riñones más deprisa si se ha ingerido durante la noche, lo que significa que el «periodo» del medicamento, es decir el tiempo que tarda en alcanzar el nivel máximo, es más corto durante la noche, cuando el paciente lo necesita más para combatir los ataques de asma.

La descomposición de un medicamento en el organismo puede juzgarse a través de su permanencia en la sangre. Después de inyectar se toman repetidas muestras de sangre para medir la concentración del producto. Esta aumenta despacio a medida que el medicamento sale del estómago, y luego alcanza el punto máximo. El nivel desciende cuando es destruido por el hígado y/o excretado por los riñones. Cuanto más tarde el nivel en descender hasta la mitad de su máximo, más durarán los efectos del medicamento en el cuerpo.

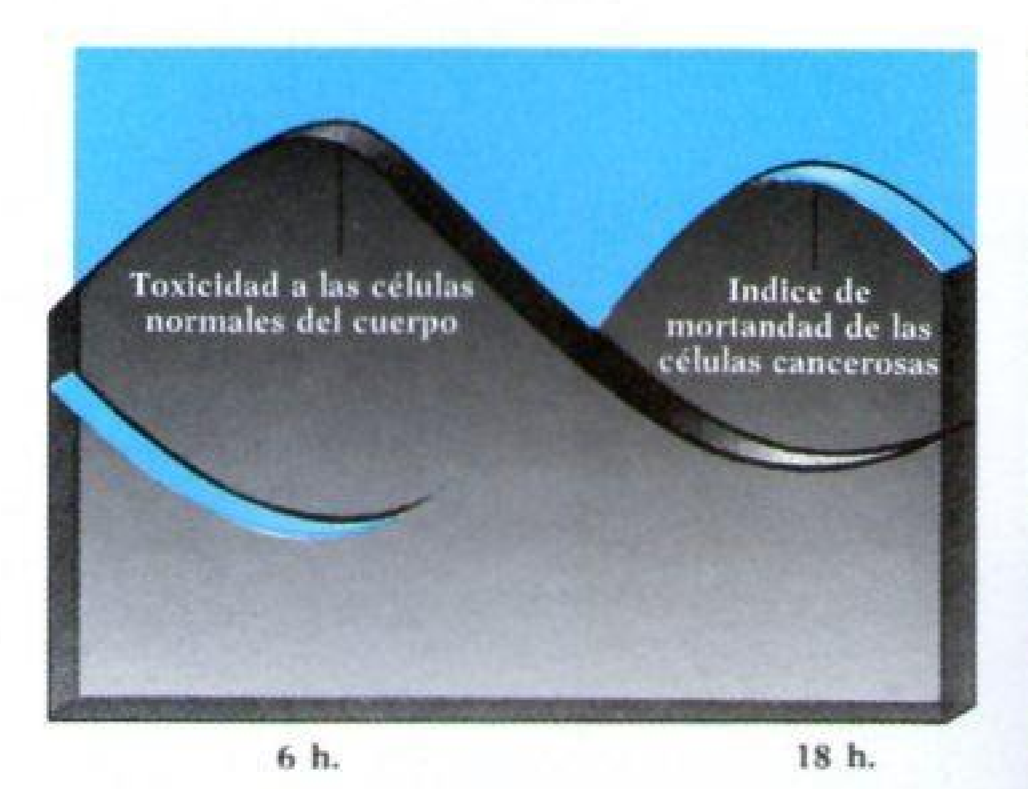


alergias, como la fiebre del heno y la urticaria. En ambos casos las sustancias como el polen de la hierba o el polvo doméstico (conocidas globalmente como alérgenos), a las cuales son sensibles los pacientes, reaccionan con anticuerpos. Como resultado de esta unión se libera la histamina química de la mayoría de las células, lo que hace que de los pequeños vasos sanguíneos gotee un fluido que produce la piel enrojecida y los habones de la urticaria, y la nariz congestionada o el moqueo y los ojos llorosos de la fiebre del heno. El grado de la sensibilidad de una persona a un alérgeno puede descubrirse inyectándole una pequeña cantidad de éste en la piel, y midiendo el tamaño del habón que se produce. Si esto se realiza en diversos momentos se descubre que la sensibilidad es mayor de noche y a primeras horas de la mañana.

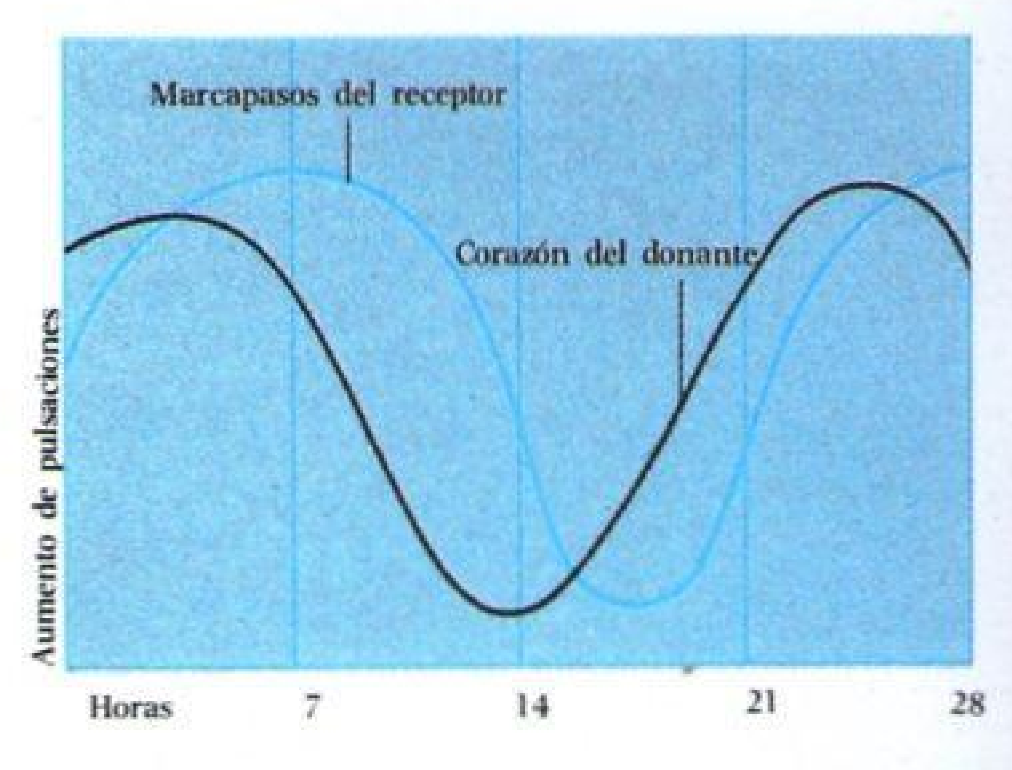
Los antihistamínicos son fármacos que bloquean la acción de la histamina, aunque no pueden interrumpir su producción. Si se suministra antihistamínicos en diversos momentos del día, antes de realizar las pruebas con alérgenos, se evidencia un ritmo en el grado de protección que aquéllos aportan. Los antihistamínicos producen una acción más prolongada si se los toma hacia las siete de la mañana. A las siete de la tarde también protegen, pero no durante tanto tiempo. Un peligroso efecto secundario de los antihistamínicos, sobre todo para los conductores, es que provocan atontamiento, pero, aplicando los resultados de estos experimentos, deberían tomarse dosis menores por las mañanas, lo cual reduce el atontamiento diurno y la protección apenas disminuye.

Existen apasionantes perspectivas en lo referido al tratamiento del cáncer que se basan en los ritmos corporales. Los estudios realizados sobre ratones a los que se les provocó leucemia (una forma de cáncer de la sangre) muestran que existe un ritmo circadiano en la respuesta a los fármacos que se usan para tratar la enfermedad. Hacia las seis de la tarde esas drogas destruyen de forma más eficaz las células del tumor, que se dividen rápidamente. Por desgracia, estos mismos fármacos también destruyen algunas células normales, lo que limita su utilidad como tratamiento, pues pueden empeorar tanto a los enfermos como a los animales de laboratorio. Sin embargo, las pruebas realizadas con ratones muestran que los efectos venenosos sobre las células normales son mayores por la mañana, así que el tratamiento a las 6 de la tarde es el mejor de todos. Aún no se sabe si existen ritmos parecidos en el cáncer humano, pero si ello es así, una cuidadosa regulación temporal podría mejorar considerablemente los tratamientos al uso.

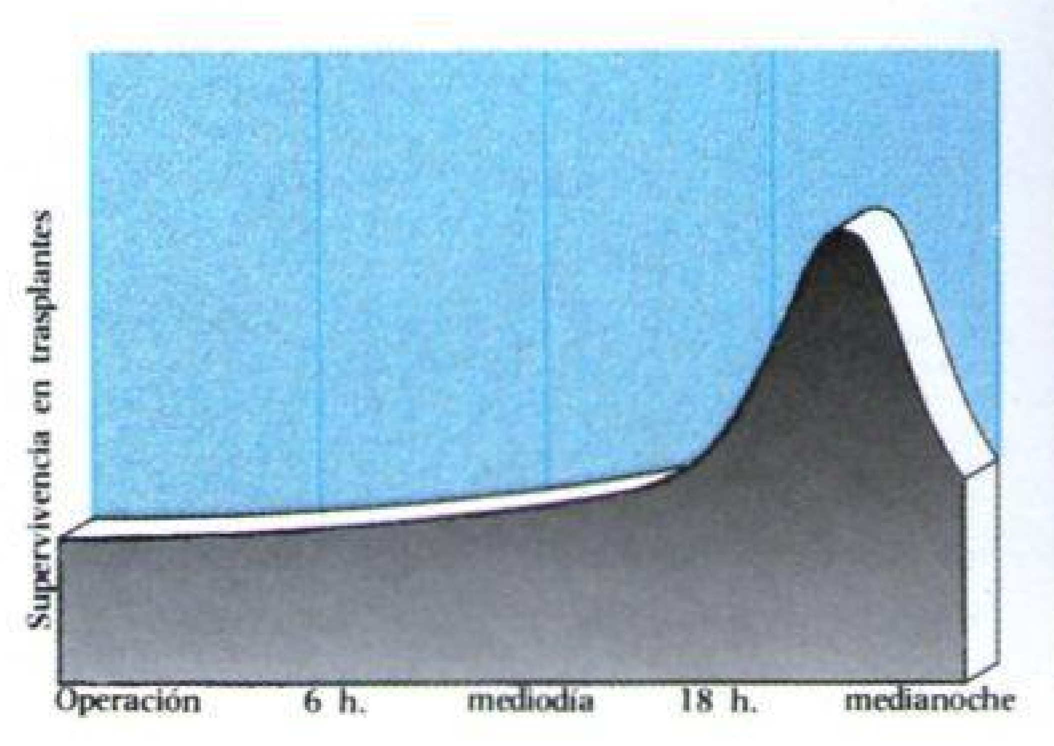
Los ritmos circadianos podrían también ser la clave para unos mejores resultados en los trasplantes quirúrgicos. El mayor obstáculo dentro de esta rama de la medicina es el rechazo del trasplante debido a la actividad de ciertas células inmunes, especializadas en eliminar del cuerpo los materiales extraños. Estas células parecen funcionar de forma circadiana. Así pues, el mejor momento para el trasplante es cuando el ritmo de inmunidad está en su punto más bajo, porque entonces la capacidad de iniciar una reacción de rechazo es mínima. Se suelen usar corticoesteroides y otros fármacos para eliminar la reacción inmunitaria, a menudo con el alto coste de unos efectos secundarios peligrosos y desagradables. Si se prestase una mayor atención al ritmo de inmunidad, esas drogas podrían funcionar mejor —en dosis más pequeñas y con menos reacciones adversas del cuerpo— y bastaría suministrarlas en el momento adecuado.



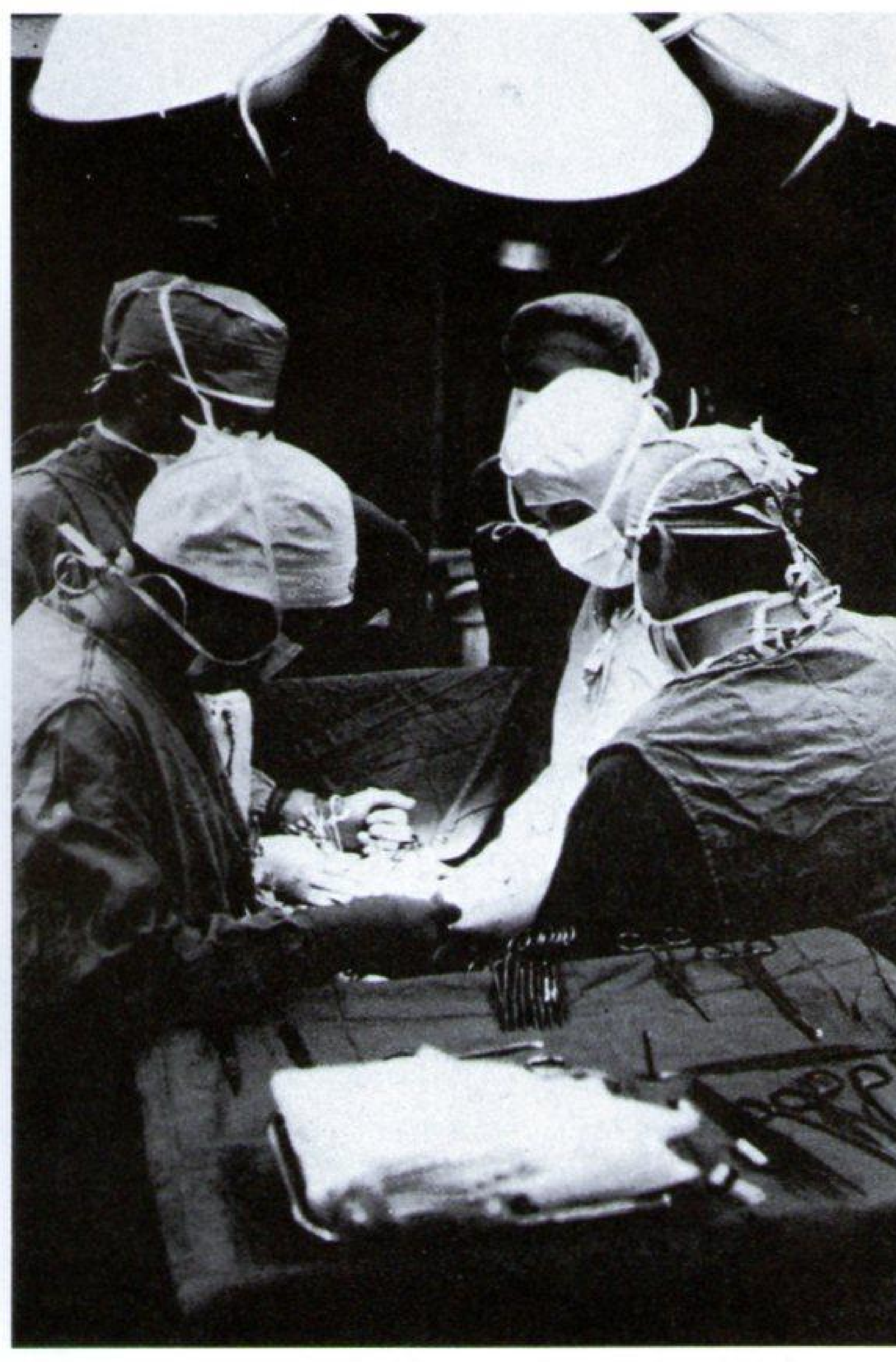
La hora de administrar los medicamentos puede resultar importante en el tratamiento del cáncer. Experimentos en ratones con leucemia han demostrado que las células cancerosas tienen mayor sensibilidad a los medicamentos alrededor de las seis de la tarde. Por el contrario, a esta hora las células normales tienen menos tendencia a ser intoxicadas.

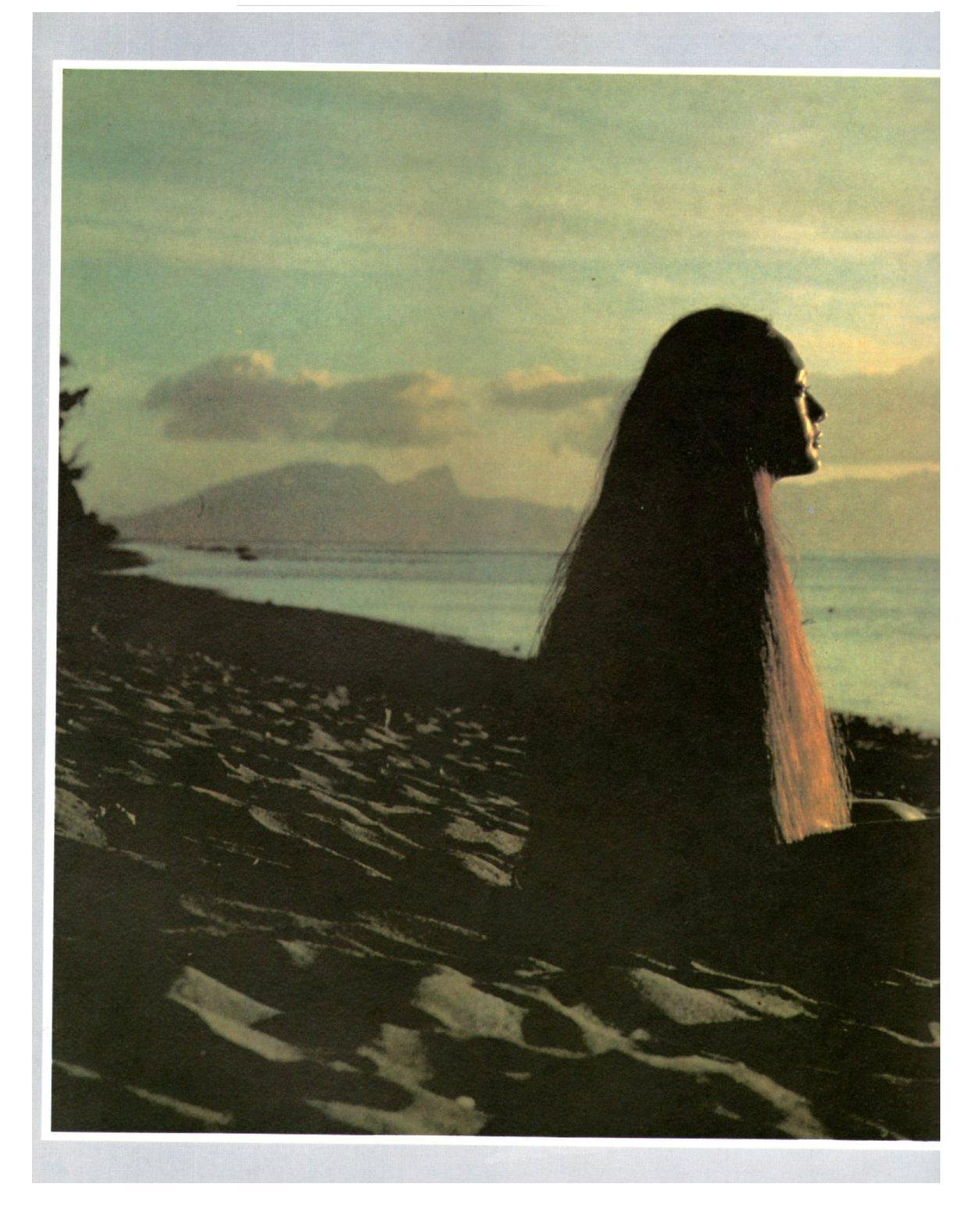


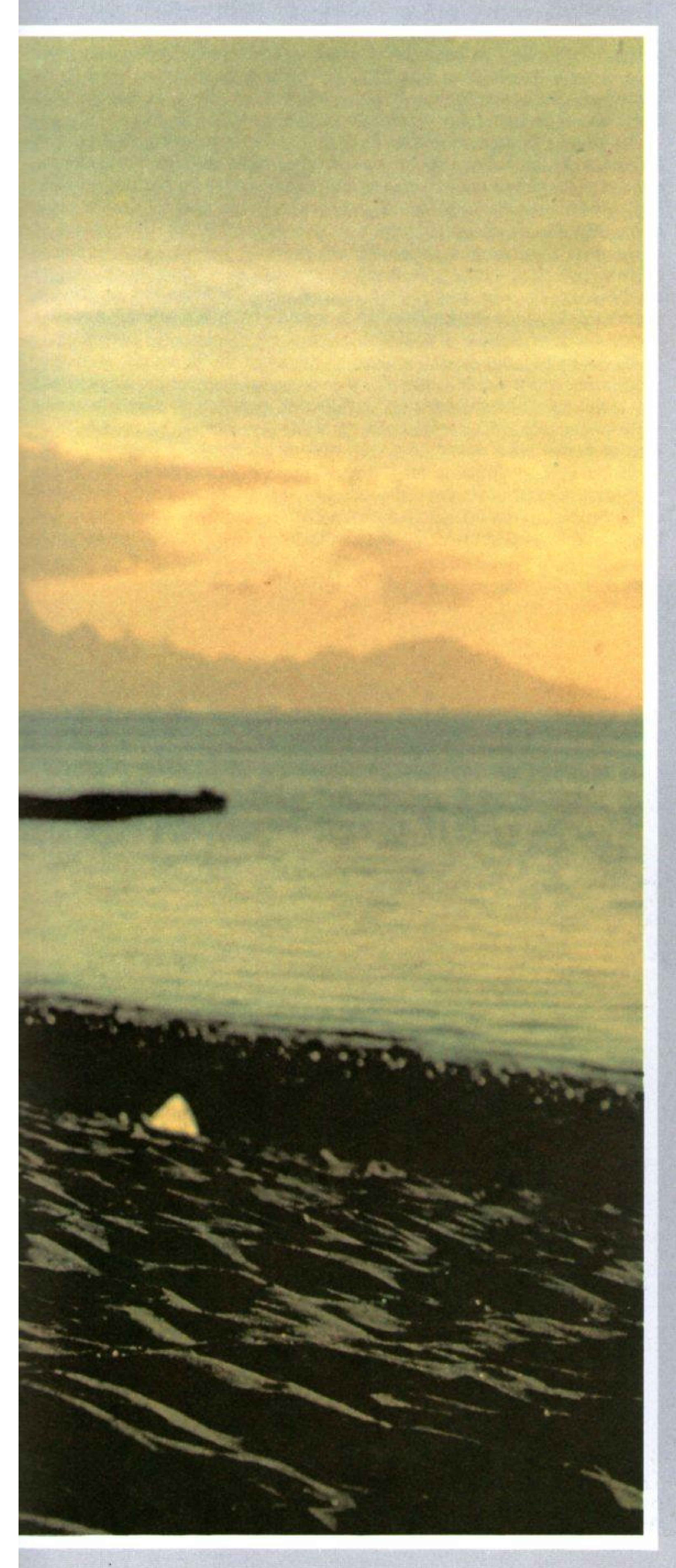
En la cirugía de trasplantes de corazón en el hombre, *extremo derecha,* se conserva una pequeña parte del corazón del receptor, en el que se aloja el marcapasos, un pedazo de tejido que controla las pulsaciones. Los ritmos de los marcapasos del donante y el receptor sufren un ligero desfase: el índice de ritmo cardiaco es regulado por un reloj en el marcapasos.



La intervención puede ser crucial en el éxito de un trasplante de riñón. Un estudio sobre ratas demostró que los riñones funcionaban más tiempo si la operación se realizaba a las ocho de la tarde. Es que las operaciones coincidían con el momento en que el ritmo circadiano de la reacción inmunitaria era mínimo.







Los ritmos del destino

El hombre es en el fondo un ser conservador. Puede desear algún cambio en su vida o en el medio que le rodea, pero siente verdadero pánico ante cualquier alteración drástica. Este terror se agudiza y se hace más real cuando el cambio se convierte en desastre, produciéndole la sensación de que el destino escapa de sus manos. Es precisamente esta sensación de impotencia ante los horrores de la enfermedad o la sequía, los terremotos e inundaciones, la muerte de los seres queridos o de uno mismo, la que ha llevado al hombre a plantearse una posible explicación a estos acontecimientos —así como su posible solución— recurriendo a la existencia de fuerzas no evidentes ni mensurables.

Muchas de las fuerzas en las que el hombre cree como explicación y fuente de interpretación de los acontecimientos desagradables de la vida, son rítmicas o cíclicas en su esencia, y todas ellas discutibles. Se cree, por ejemplo, que los biorritmos operan de un modo cíclico en el interior del cuerpo y del cerebro controlando la actuación física, emocional e intelectual, y la técnica de biorretroalimentación tiene como objeto facilitar el control de las actividades rítmicas del cerebro proporcionándonos los mecanismos necesarios para registrar los datos fisiológicos más profundos. El arte médico de la acupuntura está basado en la antigua creencia de que la energía que nos inunda de vida circula por el cuerpo una vez cada 24 horas. Tanto los ciclos diarios como anuales son la base de la astrología, otra de las artes humanas más antiguas, y mirando hacia el cielo y utilizando los ciclos de las manchas solares se intenta explicar el patrón cíclico del tiempo en la Tierra.

La creencia en estos ciclos y ritmos implica una gran dosis de fe, ya que no son necesariamente mensurables desde un punto de vista científico. Esta fe en las fuerzas rítmicas y cíclicas es casi tan antigua como la humanidad, pues el hombre ha sido siempre presa de la muerte y la destrucción por las catástrofes naturales. La actitud adoptada hoy puede ser la de que no cabía esperar otra cosa del hombre precientífico, pero que el hombre moderno debe tener mayores conocimientos o pueden considerarse estas fuerzas con escepticismo mezclado con un sentimiento secreto de que existe cierta verdad en ellas; o quizá se piense que los antiguos tenían razón y que los atractivos de la vida moderna nos impiden comprender el poder de estas fuerzas rítmicas, de las que quizá queden muchas por descubrir.

¿Quién está en lo cierto? ¿Están determinadas nuestras vidas por los movimientos cíclicos de los cielos, según interpretación de los astrólogos, o reaccionamos ante nuestros biorritmos profundos, determinados —como las influencias astrológicas— por el día de nuestro nacimiento? ¿Dependen las catástrofes naturales de la posición creciente o menguante de las manchas solares? ¿Puede curarse el cáncer mediante la acupuntura que altera el flujo cíclico de la energía del cuerpo, y pueden controlarse las ondas rítmicas y eléctricas del cerebro para librarnos así de la ansiedad y la tensión? La respuesta a la mayoría de estas preguntas es un interrogante. Pero dado que estas fuerzas rítmicas han formado parte de las creencias del hombre durante tantos siglos y que siguen siendo hoy una parte importante de la medicina y la psicología modernas, merece la pena examinarlas en profundidad.

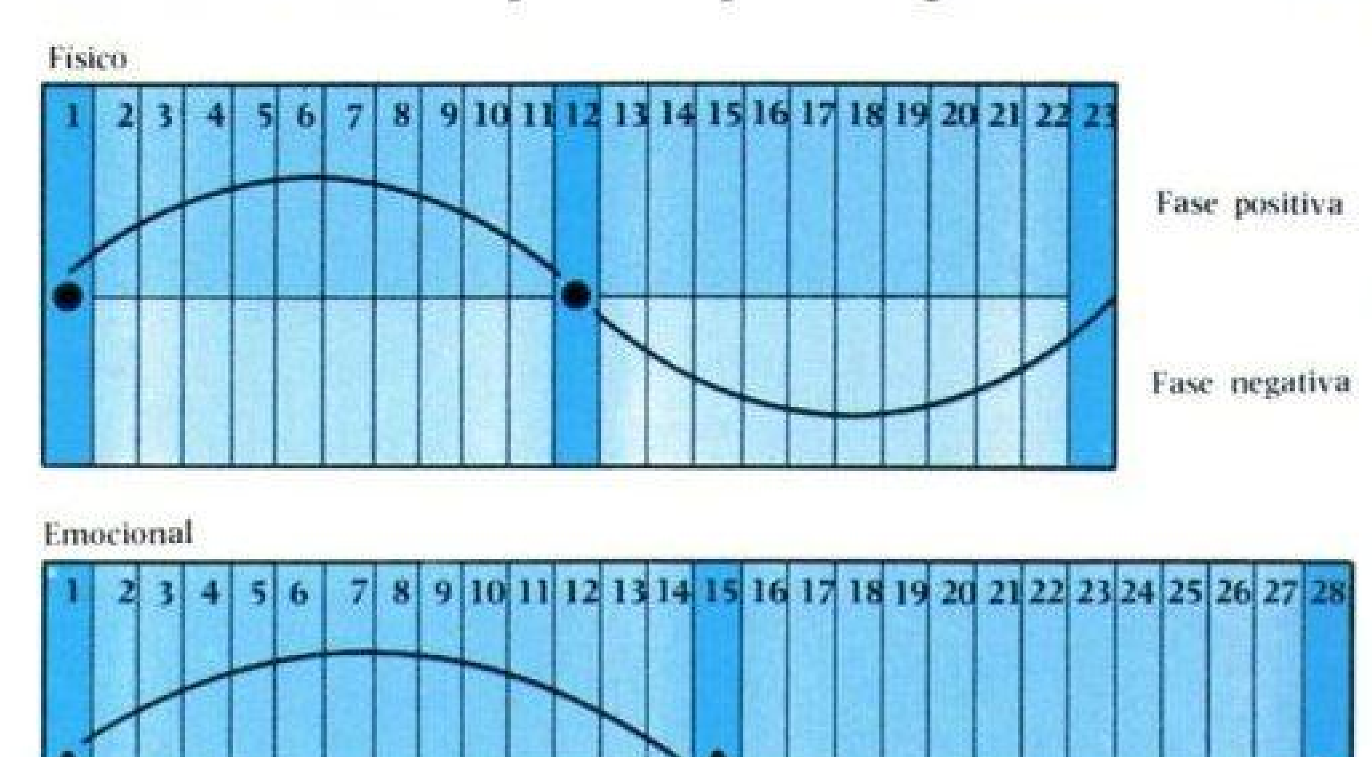
En el estudio de los acontecimientos rítmicos o cíclicos, especialmente de aquellos que tienen un componente místico, se emplea a menudo la evidencia estadística para demostrar o refutar una teoría. Cada vez que alguien de los medios informativos nos comunica que existe una tendencia en éste o aquel sentido, estamos recibiendo los resultados de los métodos estadísticos. El problema de tales estadísticas estriba en su interpretación exacta. Un escéptico diría que cualquier cosa puede ser demostrada o refutada mediante estadísticas, de modo que al intentar resolver en nuestra mente si los acontecimientos rítmicos y cíclicos misteriosos son reales y si presentan una evidencia estadística, hay que tener cuidado tanto con las cifras como con los fenómenos.

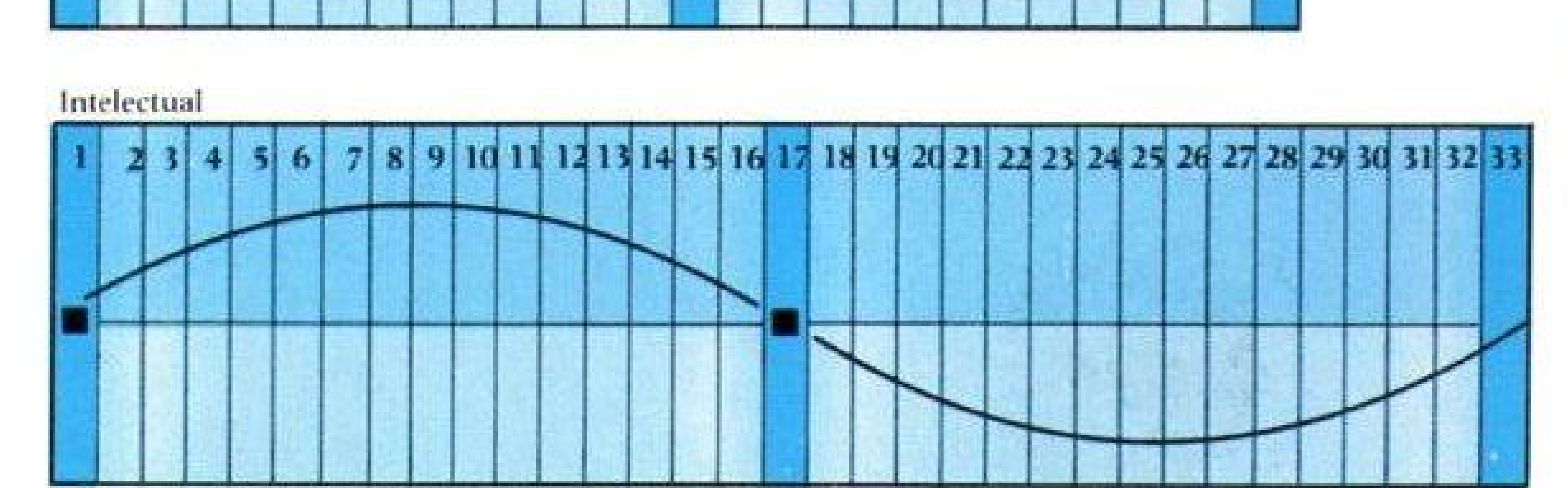
Para todo el que posee un cuerpo humano, la máquina que configura al hombre constituye fuente y objeto de infinitas especulaciones. Pero de todos los fenómenos producidos por el cuerpo, los rítmicos han demostrado ser los más fascinantes. Todos admitimos con absoluta facilidad el ciclo circadiano de 24 horas de sueño y vigilia y podríamos, si quisiéramos, medir las subidas y bajadas rítmicas de la temperatura del cuerpo o el índice cardíaco durante cualquier período de tiempo, pero es imposible convertir nuestras emociones en rigurosos datos científicos. Sin embargo, la vida tiene sin duda sus altibajos, desde el regocijo del éxito a los abismos del fracaso, de los días en que todo parece funcionar a las mil maravillas en nuestro mundo personal, a aquéllos en que todo parece ir mal. Entre dichos extremos existen días mediocres, en parte buenos y en parte malos, en los que ocurren pocos acontecimientos dignos de mención. ¿Se ajustan también estos días buenos, malos y regulares a algún patrón cíclico o rítmico?; y si es así, ¿pueden éstos ser pronosticados y organizarse la vida en consecuencia? Mucha gente piensa que la respuesta a esta pregunta es «sí», y su fe se ha dado a conocer como la teoría de los biorritmos.

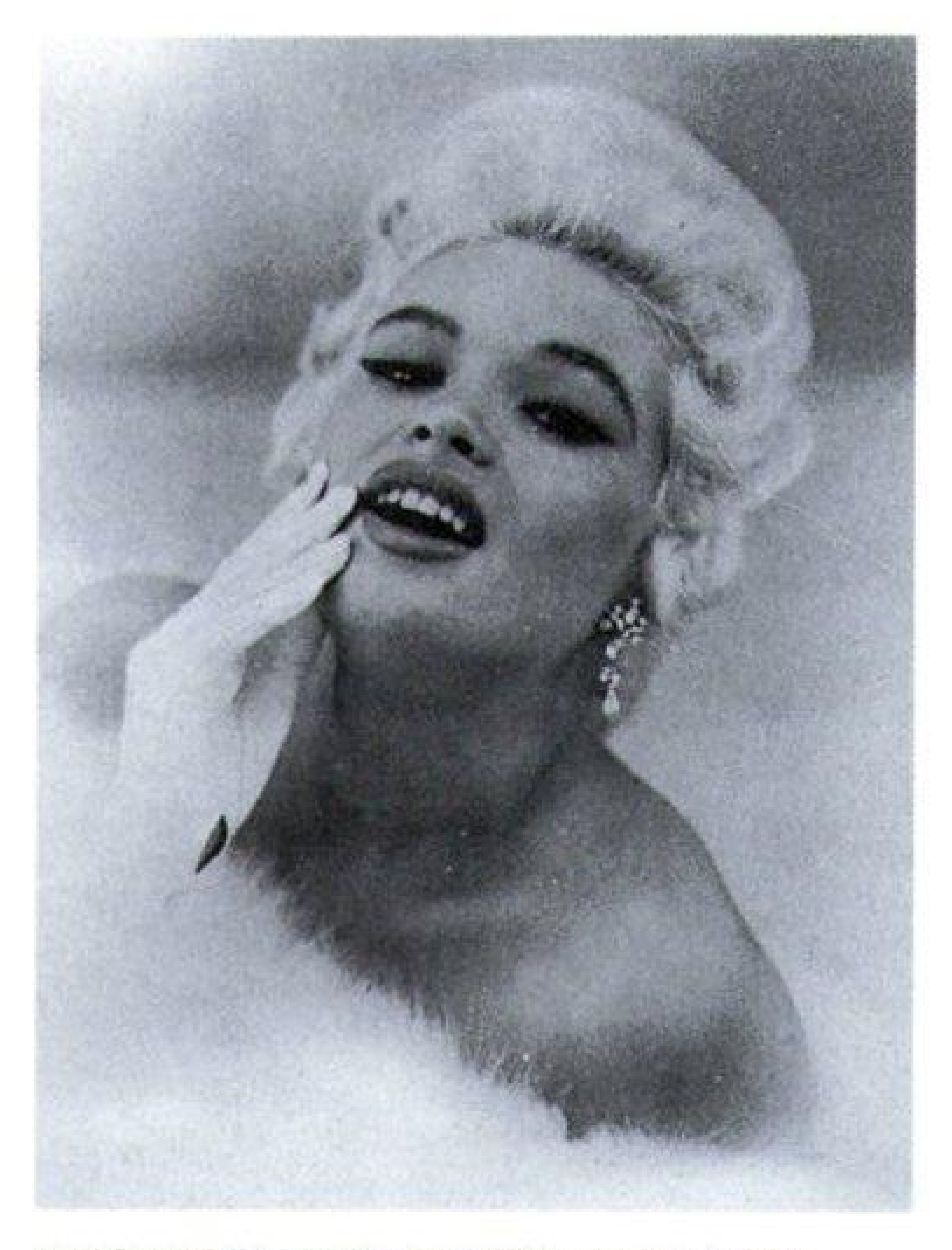
La teoría de los biorritmos comenzó en la década de 1890, cuando un profesor de psicología vienés, Hermann Swoboda, observó que la conducta de sus pacientes parecía manifestar un patrón rítmico. Esta observación le empujó a realizar un meticuloso estudio de sus notas médicas, tras el cual llegó a la conclusión de que la conducta atravesaba ciclos, con dos períodos diferenciados de 23 y 28 días. Poniendo en práctica sus conclusiones, Swoboda inventó una regla de cálculo mediante la cual sus pacientes pudiesen pronosticar sus días «críticos». Los ciclos de conducta de 23 y 28 días fueron también «descubiertos» de forma independiente por un médico alemán, Wilhelm Fliess, aproximadamente en la misma fecha. Fliess no era psicólogo, sino otorrinolaringólogo. Su estudio se basó en el examen de las células secretoras de mucosidad de la nariz del hombre, y su teoría de biorritmos dependía de la frecuencia de renovación de las células. Para Fliess, la importancia consistía en que parecía tratarse de células macho y hembra.

Un ingeniero alemán, Alfred Teltscher, añadió una cifra de 33 días a los ciclos de 23 y 28, de manera que el sistema de biorritmos consta ahora de tres elementos separados: un ciclo físico (F) de 23 días, un ciclo emocional o sensitivo (S) de 28 y un ciclo intelectual (I) de 33. Estos ciclos innatos comienzan, según la teoría de los biorritmos, en el momento del nacimiento y continúan hasta la muerte. Esta hipótesis afirma que cada ciclo está dividido en dos fases iguales, y que el rendimiento de una persona es mayor durante la mitad positiva o superior del ciclo, y menor durante la mitad negativa o inferior. Los días «críticos», más débiles y vulnerables, son aquellos en los que el ciclo cruza la línea cero entre positivo y negativo. Si la teoría es cierta, tendríamos que esperar accidentes y mala salud durante los días críticos del ciclo físico, depresiones y relaciones personales insatisfactorias durante los días críticos del ciclo emocional y escasos juicio y conocimiento durante los días críticos del ciclo intelectual.

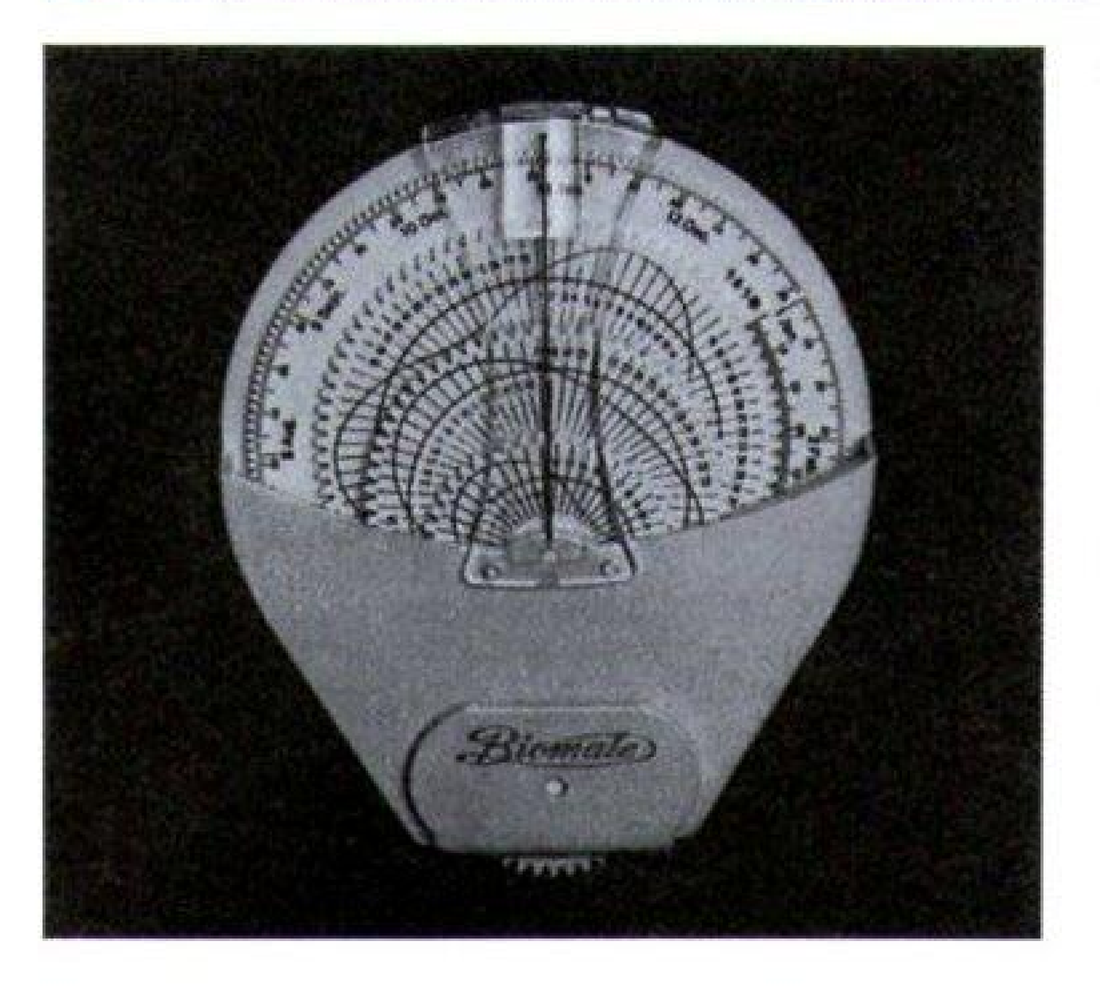
La interpretación completa de estos ritmos depende del hecho de que no tienen la misma frecuencia. Dado que los ciclos cruzan la línea cero a diferentes intervalos, sólo un día cada seis meses se encuentran los tres ciclos en el punto crítico al mismo tiempo. Esta diferenciación de







A partir del nacimiento, y durante toda la vida, nos vemos afectados por la influencia de tres ritmos básicos: uno físico de 23 días que regula la fuerza y la resistencia, otro de 28 días que regula la sensibilidad, el estado de ánimo y las relaciones y un ritmo intelectual de 33 días que domina la capacidad de juicio y pensamiento. Cada uno alterna regularmente de fase positiva a negativa. La fase del ritmo en un día concreto puede proporcionar información sobre uno mismo. Durante la fase positiva del ritmo físico, la fuerza y la resistencia se dan en grado máximo, por lo que puede emprenderse con confianza cualquier esfuerzo físico.



Los días positivos, negativos o potencialmente peligrosos pueden predecirse mediante una tabla de biorritmos como el Biomate, *izquierda*. La rueda dentada de la parte inferior del aparato hace girar los cuatro discos en los que aparecen la fecha y la interpretación de los tres biorritmos. Para averiguar los de un día concreto hay que girar el disco hasta que la fecha de nacimiento se halle alineada con la línea del eje vertical; entonces queda liberada la rueda. Los ajustes para los discos de los biorritmos se hallan en la tabla de cálculo que se entrega con el aparato, ajustándose cada uno a la edad del momento que ha de calcularse. Se gira el disco con el dedo hasta que se produce el alineamiento del dato en la tabla de cálculo con la línea del eje. En ese momento la rueda queda ajustada, y la tabla muestra los biorritmos de cualquier día del año. Este aparato está colocado de manera que los tres biorritmos se hallen en el punto crítico, lo que ocurre en raras ocasiones.

Cuando circulaba por una autopista cerca de Nueva Orleáns, Jayne Mansfield, la actriz cinematográfica, se estrelló contra un camión encontrando la muerte. Sus biorritmos de aquel día, 29 de junio de 1967, demostraron que se hallaba en día crítico físico, que el día anterior lo había estado emocionalmente, y que al día siguiente lo habría estado intelectualmente. El hecho de que su muerte se produjera en aquel momento parece probar la teoría de los biorritmos. El atleta plusmarquista Sebastián Coe ganó la final de 1.500 metros en las Olimpiadas de Moscú, el 1 de agosto de 1980. Sus biorritmos demostraron que se hallaba en momento emocional crítico, físicamente bajo tres días después del punto crítico, e intelectualmente bajo aproximándose al día crítico. Según su estado no debería haber ganado una prueba tan dura, por lo que el hecho parece refutar la teoría. Existen muchos ejemplos que en unos casos mantienen y en otros refutan esta teoría.

frecuencia explicaría también —si la teoría es cierta— por qué existen en nuestra vida tantos días corrientes y tan pocos extraordinarios, ya que durante la mayor parte del tiempo los ciclos están alejándose de la línea cero, o bien acercándose.

¿Existen realmente los biorritmos? La evidencia estadística es poco convincente y está basada en muestras demasiado escasas como para ofrecer resultados significativos. En los estudios estadísticos de biorritmos se ha descubierto que cuanto mayor es la muestra menos concordancia existe con la teoría. En una prueba realizada con 112.000 conductores de coches implicados en accidentes —cuyos biorritmos fueron calculados— no existía correlación entre los días críticos de cualquiera de los tres ciclos y las fechas en que ocurrieron los accidentes. Según un entendido en biorritmos, cuando Arnold Palmer ganó el campeonato británico de golf, en 1962, se hallaba en fase positiva en los tres ritmos, y cuando perdió, dos semanas más tarde, el campeonato estadounidense, en la fase negativa en los tres. Sin embargo, un análisis detallado de los logros de Palmer entre 1955 y 1971 demostró que no existía una correlación significativa entre sus actuaciones y sus biorritmos.

En términos biológicos, uno de los argumentos básicos contra los biorritmos es su increíble regularidad. Ningún ritmo fisiológico conocido sigue un orden tan estricto, y no existen pruebas de que los biorritmos, medidos en pacientes protegidos de las influencias ambientales, sigan su propia frecuencia. Otra importante objeción a esta teoría se refiere al hecho de que los tres ciclos comienzan en el día del nacimiento de una persona. En dicho día —sin duda clave— los tres ciclos se hallan en punto «crítico», y si esto fuese así se producirían muchas más muertes de las que se producen al nacer. Y después de esto, incluso, todos pasamos por nuestros días críticos triples de alguna manera. Probablemente no haya nada de cierto en la teoría de los biorritmos, pero puede resultar un ejercicio interesante para el autoanálisis tratar de construirse una tabla basada en el rendimiento físico, emocional e intelectual de cada día. Incluso aunque los biorritmos no funcionen puede resultar útil creer en ellos para hacernos más autoconscientes y devolvernos a la realidad de vez en cuando.

La mejora del bienestar mental y corporal es también el objetivo de la técnica de biorretroalimentación, que tiene una base más científica. Existen constantemente en el cuerpo innumerables procesos de los que normalmente no somos conscientes. El objetivo de la biorretroalimentación es concienciar a la persona de estos procesos —muchos de los cuales son rítmicos y cíclicos— y enseñarle a ejercer un control consciente sobre ellos.

La parte del cuerpo más directamente implicada en la biorretroalimentación es el cerebro —árbitro final de todos los actos humanos—, y fueron los ritmos del cerebro los que se utilizaron en los primeros experimentos llevados a cabo por el Dr. Joe Kamiya en San Francisco, en la década de 1960. El cerebro humano es una ebullición de actividad electroquímica, y las vibraciones eléctricas que genera son las señales físicas para el funcionamiento de sus células en el procesamiento de sensaciones y memorización de información. Los ritmos del cerebro son registrados en electroencefalogramas (EEG), producidos mediante la aplicación de electrodos al cuero cabelludo.



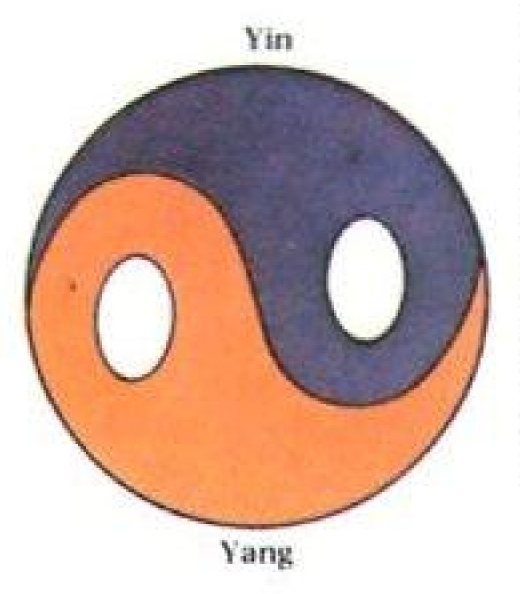
Gracias a los datos del EEG se han descubierto cuatro tipos diferentes de ritmos eléctricos que tienen lugar en el cerebro. Las primeras ondas cerebrales identificadas fueron los ritmos alfa, con una frecuencia de entre 9 y 12 y a veces entre 8 y 13 ciclos por segundo. El ritmo alfa está normalmente asociado a un estado de vigilia relajada. Las personas bajo un período pronunciado de actividad alfa describen su estado mental como tranquilo, e incluso mencionan una sensación flotante. Cuando el cerebro produce ritmos alfa está receptivo, pero sin concentrarse en ningún pensamiento o actividad concretos.

Las ondas zeta tienen aproximadamente la mitad de frecuencia que las ondas alfa, de 3,5 a 6,5 ciclos por segundo y raramente constituyen más del 5 por 100 del total de las ondas cerebrales. Las ondas zeta se registran fundamentalmente cuando una persona está soñolienta o soñando. Las ondas delta son aún más lentas, con una frecuencia de 0,5 a 3 ciclos por segundo, y se limitan casi exclusivamente a los períodos de sueño profundo. Casi todas las demás actividades eléctricas del cerebro se clasifican como ondas beta, y su frecuencia oscila de 13 a unos 40 ciclos por segundo. Beta se asocia con una conducta despierta y una actividad de concentración mental.

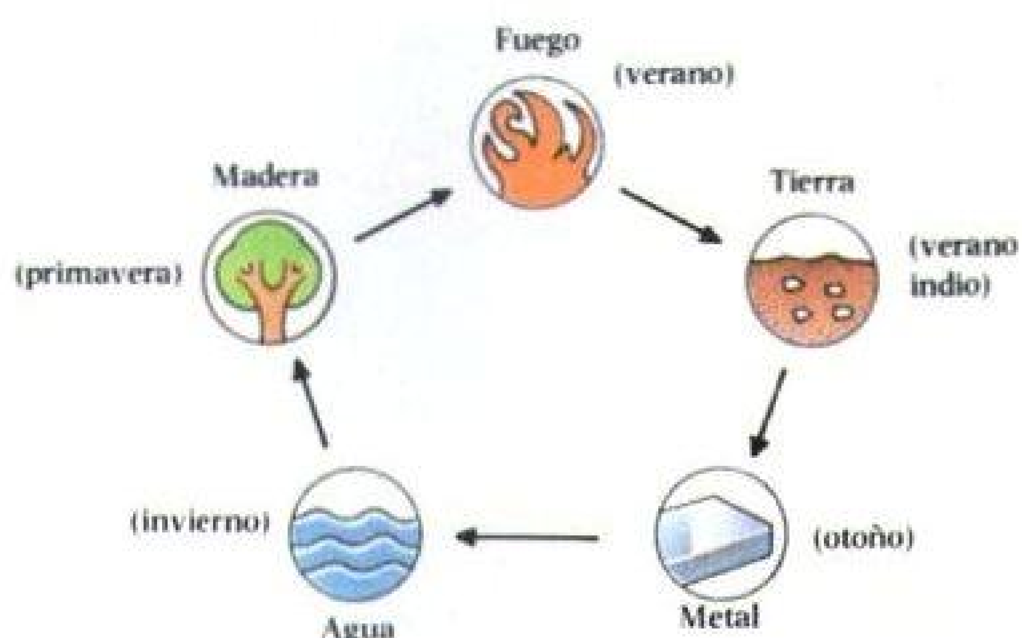
Como suele ocurrir en la ciencia, las cosas no son nunca claras y sencillas. Los patrones de ondas cerebrales son en realidad una combinación de lo rítmico y lo irregular, y cambian tanto de un momento a otro que es imposible afirmar con cierta veracidad cuál es la apariencia de un patrón «normal» de ondas cerebrales. Pese a todo, las técnicas de biorretroalimentación pueden ayudar a una persona a conseguir el estado deseado de actividad cerebral. La clave de la biorretroalimentación —que ha sido aplicada con éxito al control de otras funciones corporales, tales como presión sanguínea, tensión muscular, temperatura cutánea, índice cardíaco y de sudoración— es poner al alcance del paciente las señales monitorizadas de la función fisiológica que desea controlar. Mediante un sistema de ensayo y error, trabaja entonces para conseguir el estado mental o físico deseado, y puede observar, expuesto ante sus ojos, el resultado de sus esfuerzos. El logro final de la biorretroalimentación se ve colmado si llega a conseguir su objetivo sin la ayuda del aparato. Esta técnica ha alcanzado resultados extraordinarios en personas que padecían de ansiedad, con pocas ondas cerebrales alfa.

La biorretroalimentación de ondas cerebrales se ha convertido en valiosa ayuda para la meditación. Aunque quizá no sea cierto que los expertos en yoga y zen tengan ondas alfa más lentas en sus ritmos cerebrales que el resto de las personas, el dominio de la técnica de relajación es un objetivo que merece la pena —con o sin biorretroalimentación— en el trasiego de la vida moderna. El control de la mente a través de la meditación trascendental parece aumentar el número de ondas alfa y zeta en los patrones de ondas cerebrales. El análisis de los efectos fisiológicos de este tipo de meditación sugiere que no tiene como resultado un estado alterado de vigilia, sino un estado mental parecido al sueño, lo que no disminuye necesariamente su utilidad como arma eficaz contra la tensión.

Como cualquier máquina, el cuerpo humano no es perfecto, y no hay nadie que pueda declarar con sinceridad no haber tenido en su vida una enfermedad. La práctica de la medicina es por tanto tan antigua



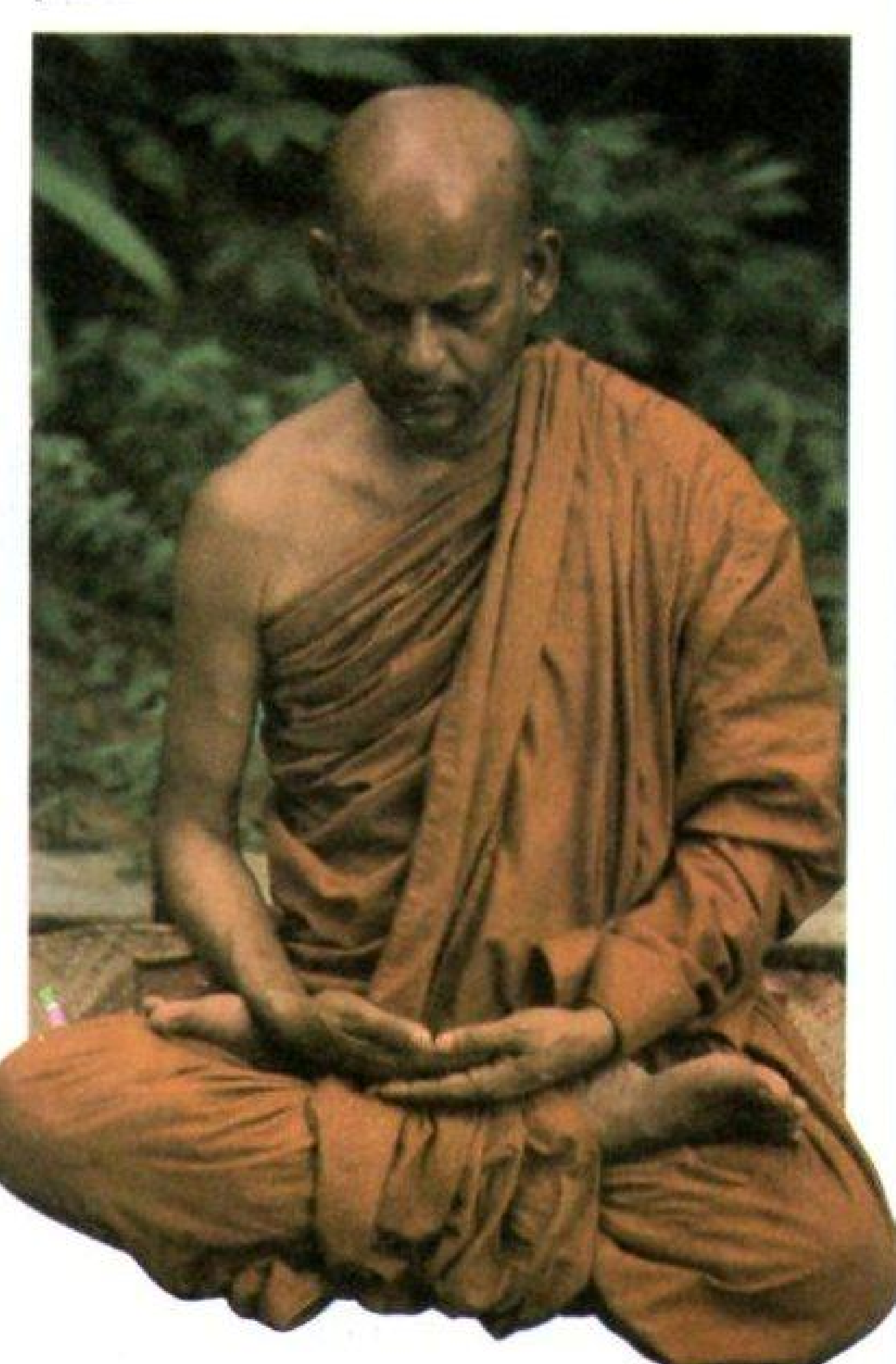
El yin y el yang son dos energías opuestas que se hallan en todas las cosas. Son tanto antagónicas como complementarias. Por ejemplo, la noche es yin y el día yang. El acupunturista pretende restablecer la armonía entre el yin y el yang del cuerpo.



AUMENTO DE YIN, DISMINUCION DE YANG
3 h.
5 h.
7 h.
9 h.
11 h.
13 h.
15 h.
17 h.
19 h.
21 h.
23 h.
1 h.
Hígado
Pulmones
Colon
Estómago
Bazo
Corazón
Intestino delgado
Vejiga
Riñones
Pericardio
Calentador triple
Vesícula biliar
YIN FUERTE, YANG DEBIL
YANG FUERTE, YIN DEBIL

Los cinco elementos chinos envuelven cualquier fenómeno natural y juntos forman el ciclo creador de las estaciones. La madera arde, creando el fuego que deja las cenizas en la tierra; a partir de la tierra se extraen los metales que se funden como el agua con el calor; las plantas necesitan agua para desarrollarse y producir madera. Estos elementos afectan también a los 12 órganos del cuerpo, por los que la energía vital, *chi*, circula cada 24 horas. A partir de las tres de la mañana el *chi* circula por los pulmones activándolos. A las cinco penetra en el colon y sigue su curso, activando cada órgano hasta completar un ciclo del reloj chino. Los acupunturistas utilizan este flujo del *chi* en sus diagnósticos y tratamientos, así como las relaciones de órganos opuestos en el reloj.

Cuando un budista zen medita, su cuerpo se relaja pero su mente se halla alerta. El cerebro genera ritmos alfa, beta y zeta y la piel muestra una alta resistencia eléctrica. Sin saberlo está practicando la biorretroalimentación, ya que toma conciencia de alguna función de su cuerpo o mente, controlándola. La observación de los métodos de meditación ha servido de ayuda a los terapeutas de la biorretroalimentación, para establecer la correlación existente entre las diversas formas de conciencia y los cuatro ritmos cerebrales principales: alfa, beta, zeta y delta. Como resultado la gente puede relajar su cuerpo y su mente, aprendiendo, con la ayuda del terapeuta, a desarrollar los ritmos alfa y zeta.



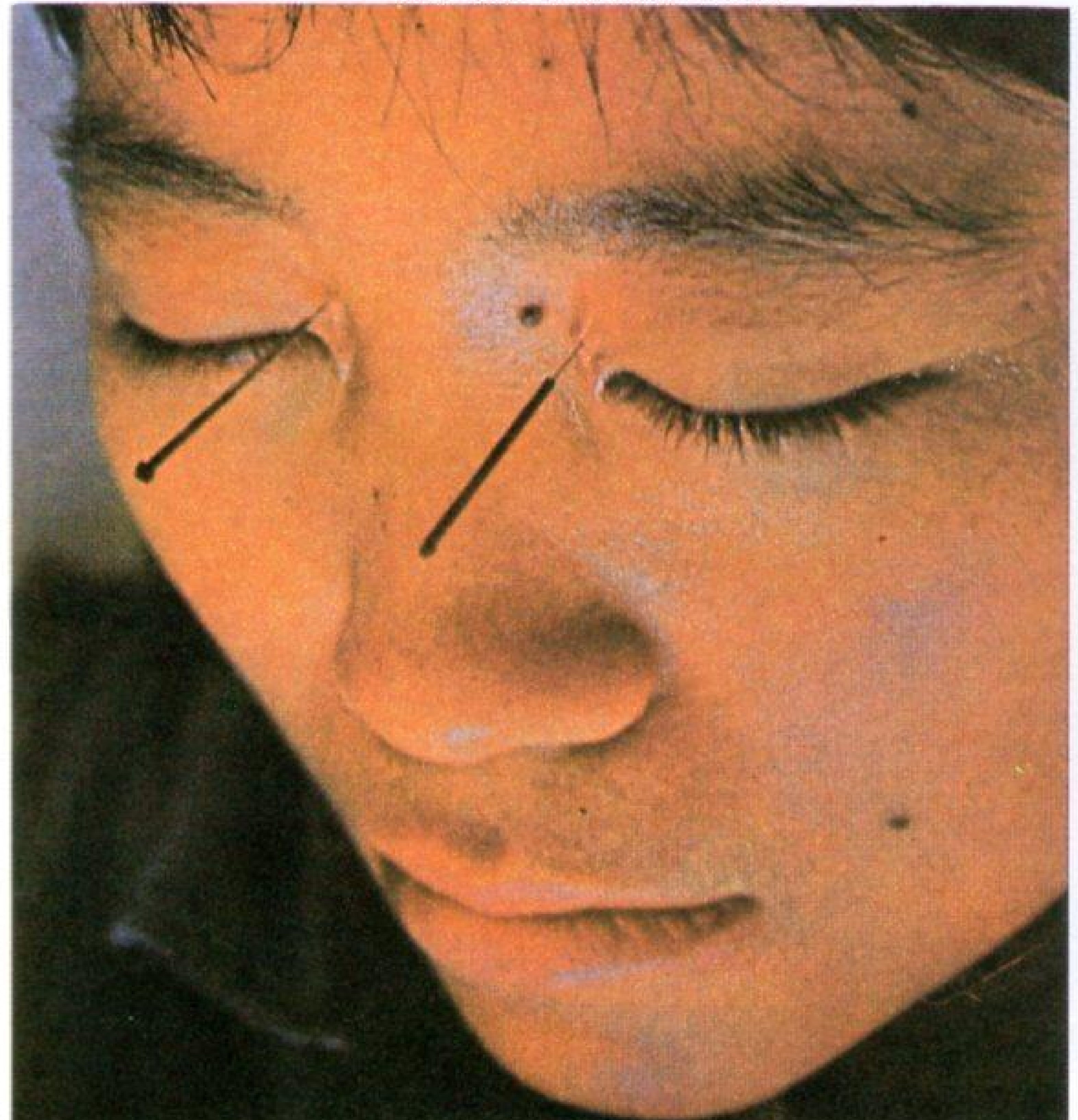
como el hombre, y una de sus ramas más remotas es el arte chino de la acupuntura, cuyo origen data de al menos cinco mil años, habiendo sido popularizada en Occidente hace poco tiempo. Toda la medicina oriental está basada en los dos pilares del yin y el yang. Se trata no de entidades tangibles, sino de tendencias en el movimiento de la energía: yin es una tendencia hacia la expansión, mientras que yang es una tendencia hacia la contracción. La teoría consiste en que todos los aspectos rítmicos de la fisiología humana tienen lugar debido al constante flujo entre estos dos extremos, presionando primero en una dirección y luego en la otra. De este modo yin y yang tienen lugar en un estado de tensión dinámica e interacción, pero el resultado final es un estado de perfecta armonía corporal.

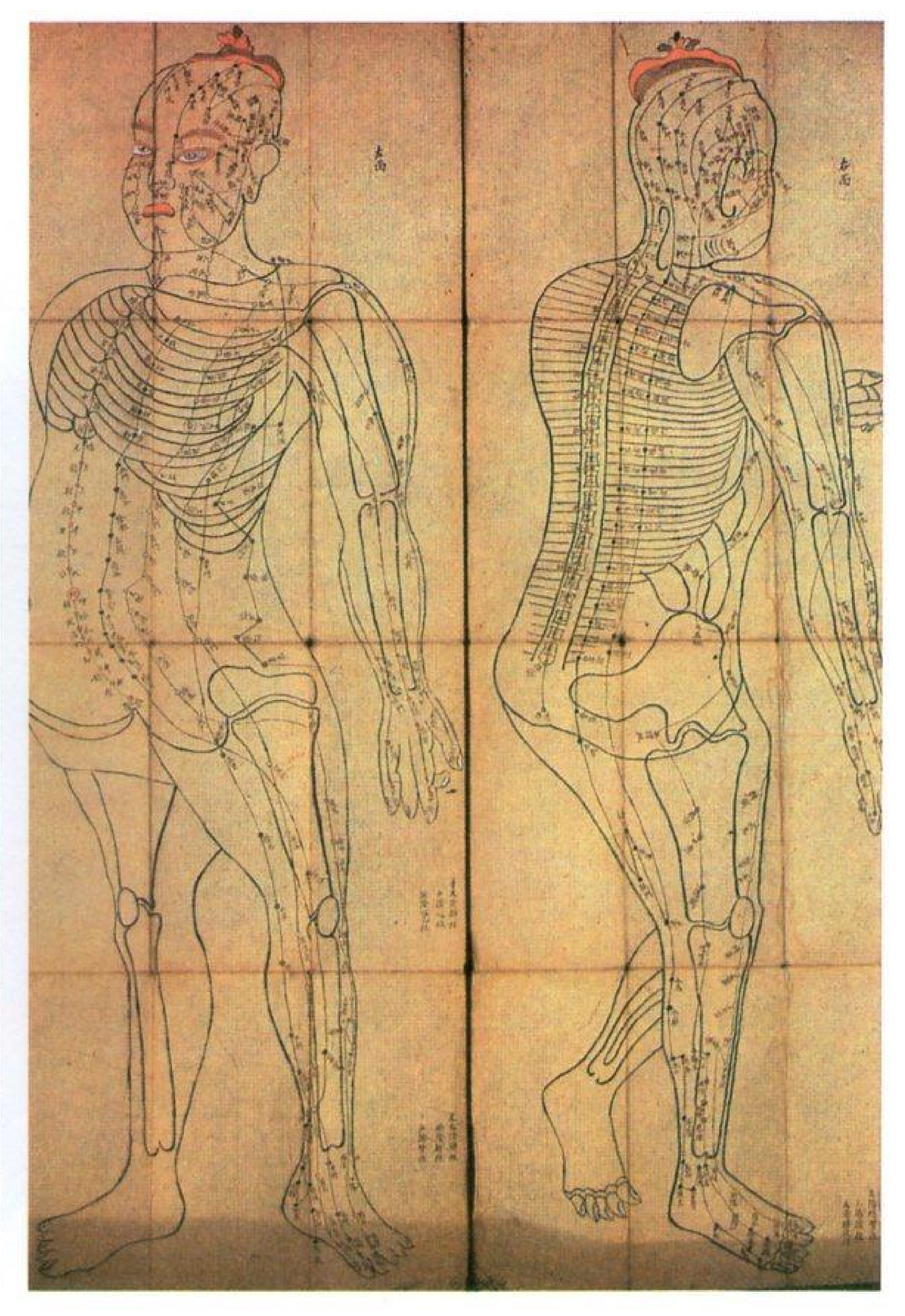
En el mundo vivo, las fuerzas de yin y yang subyacentes a todos los aspectos de la vida oriental parecen actuar mediante una energía vibrante o *chi* que impregna a todos los seres. Cuando un cuerpo humano está sano, el ritmo de vibración del *chi* se halla en armonía con las vibraciones *chi* del medio ambiente. Dentro del cuerpo, la energía vital *chi* circula en sistemas específicos: los *ching* o meridianos. Existen doce meridianos regulares, cada uno de los cuales abastece a órganos corporales determinados, y seis meridianos «especiales». Se cree que la energía circula a través de estos seis canales de emergencia sólo cuando los doce normales no pueden controlar el exceso de energía generado por enfermedad o trastorno de algún órgano. Los puntos estratégicos, localizados a lo largo de todos los meridianos, y cuyo número asciende a unos 1.000 en total, son las válvulas de control que regulan el flujo de la energía y los puntos para el tratamiento de acupuntura. Desde una perspectiva anatómica, las principales corrientes del sistema nervioso circulan a lo largo de los meridianos. La acupuntura tiene un complejo sistema de reglas, pero la que destaca más claramente como ritmo biológico establece que el *chi* circula por el cuerpo una vez cada 24 horas. Cada uno de los doce meridianos regulares —y de ahí sus órganos asociados— parece tener un período de dos horas de máximo flujo de energía y un período de dos horas de mínimo flujo de energía. Haciendo uso de este conocimiento, así como de su experiencia de siglos sobre cuándo suelen manifestarse los síntomas más acusados de los trastornos corporales, los médicos chinos elaboraron unas tablas —todavía hoy en uso— de los momentos más favorables de las 24 horas para el tratamiento de la enfermedad, insertando agujas en el punto adecuado de un meridiano para redistribuir el exceso de energía.

A este factor del tiempo se añade el conocimiento de las propiedades opuestas yin y yang de los distintos órganos del cuerpo. En acupuntura, los órganos se tratan por pares, siendo un miembro de cada par un órgano vacío, yang, como el estómago, y el otro un órgano yin, cargado de sangre, como el bazo. De este modo si el riñón (yin) es estimulado, el resultado es una mejora en el intestino grueso (yang). El tratamiento se lleva mejor a cabo durante la noche, puesto que al ser período yin coincide con el órgano yin estimulado. Según la ley de acupuntura de los cinco elementos, los órganos atendidos por los doce meridianos se hallan en seis pares y cinco de ellos son equivalentes a los elementos madera, fuego, tierra, metal y agua. El sexto par está también compuesto por órganos de «fuego». El tratamiento se basa en la interacción de los elementos; por ejemplo, el agua (riñón) aplaca el fuego

El arte de la acupuntura consiste en saber en qué parte de la piel deben clavarse las agujas según la enfermedad. Cada punto de acupuntura remite a un desequilibrio entre las energías yin y yang, que se diagnostica mediante la observación del pulso y el color de la lengua y de la piel.

En acupuntura, la energía vital que activa los 12 órganos del cuerpo es generada mediante la alimentación y la respiración. Pasa de un órgano a otro a través de unos canales llamados meridianos, que no siendo ni arterias ni nervios parecen estar de más en la anatomía del cuerpo. Cada uno de los 12 órganos principales tiene asociado un meridiano y cada meridiano está presente tanto en el lado izquierdo del cuerpo como en el derecho. Los desequilibrios entre yin y yang dan lugar a un exceso o defecto de flujo, ocasionando síntomas de una determinada enfermedad. Seleccionando cuidadosamente los puntos —de los que existen unos 1.000—, el acupunturista puede restablecer la armonía entre el yin y el yang del cuerpo.





(corazón) de modo que cuando el riñón está sosegado, el corazón se halla estimulado.

Aunque en la actualidad ya no se descarte como puro «curanderismo», pero tampoco sea aceptada como curalotodo, la práctica, si no la base teórica de la acupuntura, está siendo más y más aceptada por los médicos occidentales, sobre todo en el tratamiento del dolor crónico, del asma y de las enfermedades causadas por tensiones. Se insertan unas cuantas agujas delgadas en puntos a lo largo de determinados meridianos y son enroscadas o conectadas a estímulos eléctricos. Las más recientes investigaciones llevadas a cabo, tanto en China como en Occidente, sugieren que la acupuntura puede funcionar como calmante del dolor porque estimula la glándula pituitaria, en la base del cerebro, para que segregue endorfina, producto químico similar a la morfina, que paraliza el dolor.

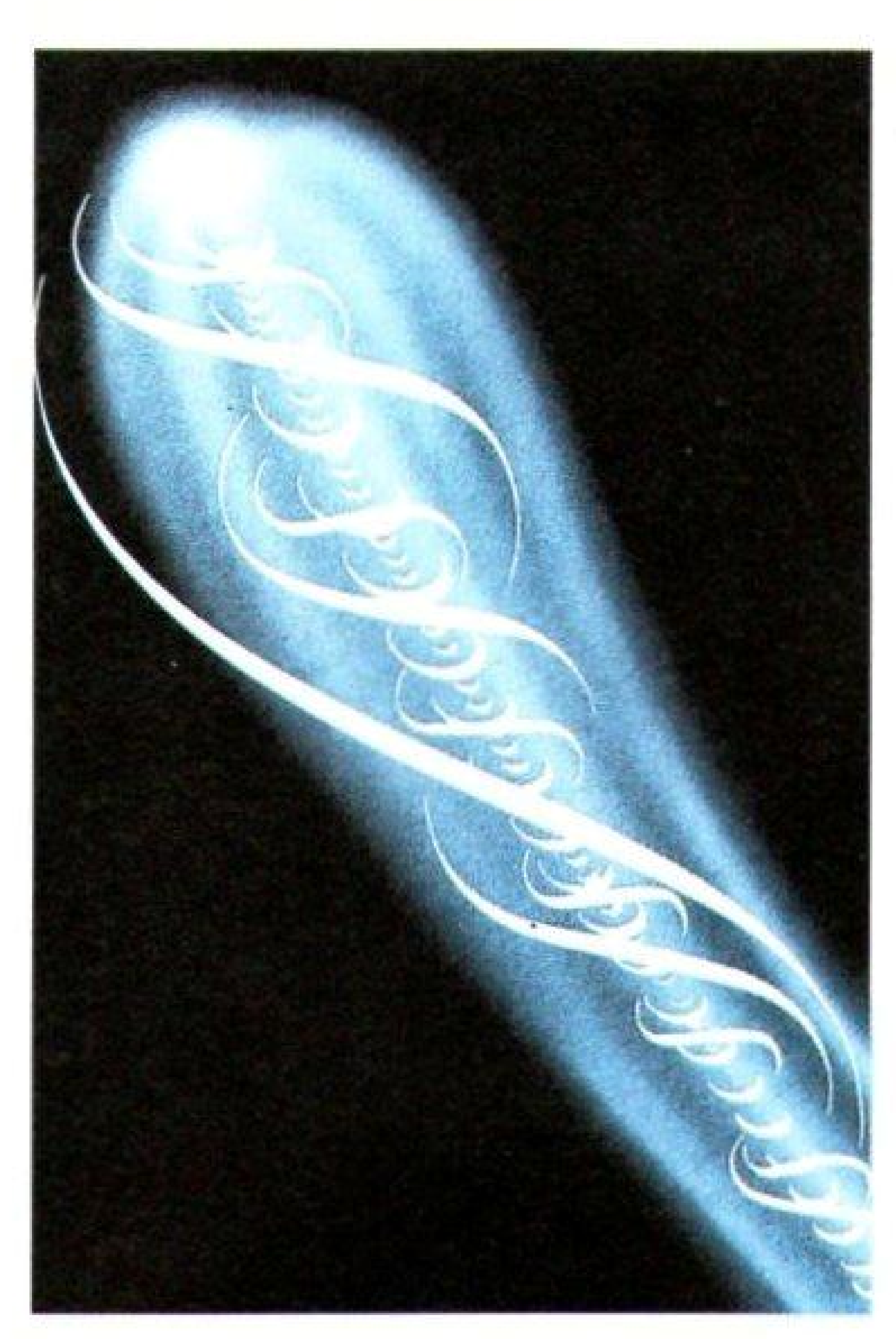
Aún más antigua que la acupuntura es la práctica de la astrología, que, junto con la astronomía, es una de las ramas más remotas de la ciencia. Pocas personas no habrán leído alguna vez su horóscopo en el periódico o no saben bajo qué «signo astral» nacieron; pero ¿cuál es la verdadera base de la astrología, y qué poder tiene para predecir el futuro? La astrología se basa en los movimientos cíclicos que pueden observarse en el firmamento. En cuanto a la predicción del futuro, cualquier estudioso serio afirmará que la astrología tiene más conexión con determinadas tendencias que con el avance de acontecimientos específicos.

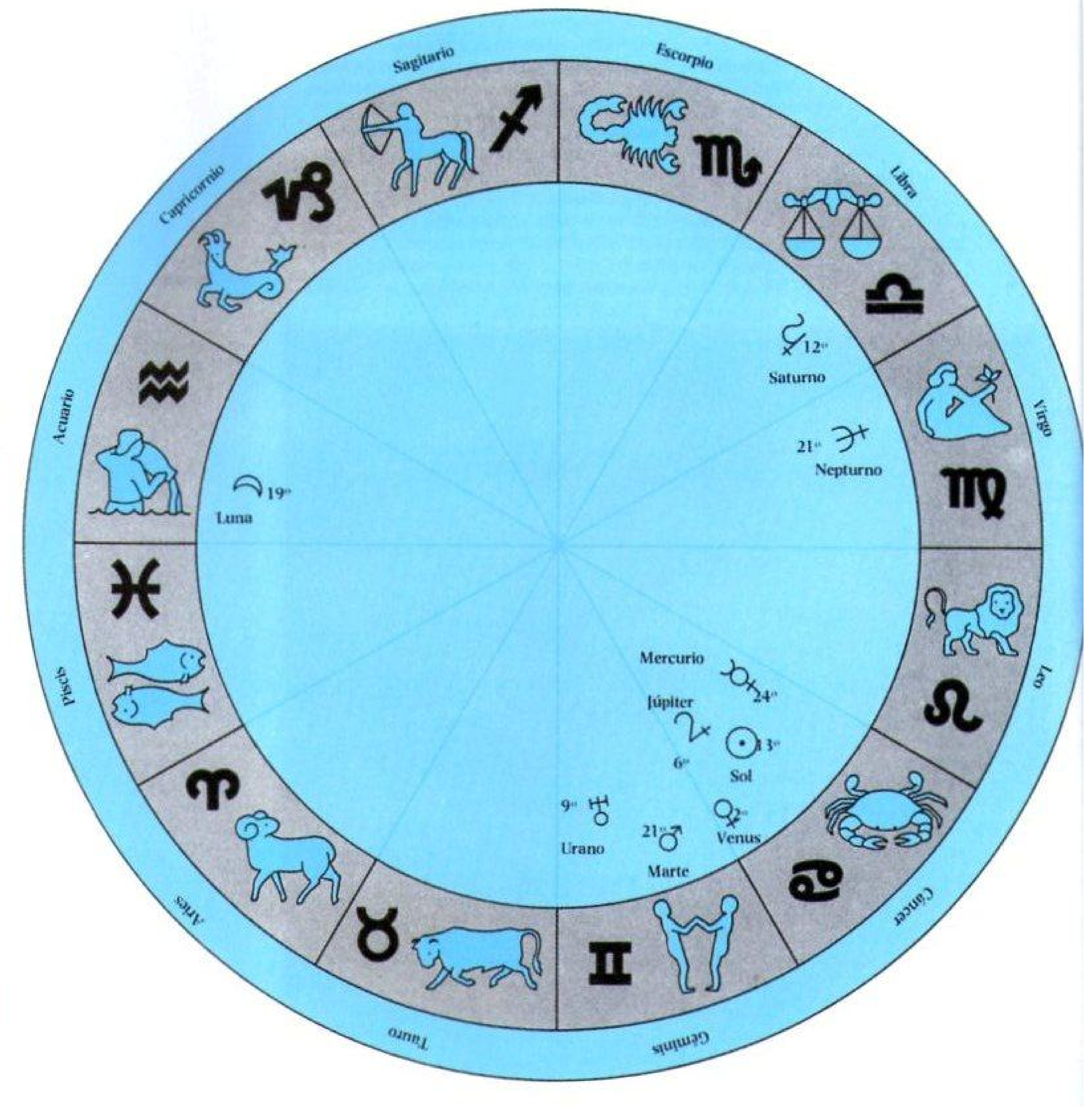
Las deducciones de astrología se basan en la posición de los astros, del Sol, de la Luna y de los planetas en relación con la Tierra. Ningún astrólogo afirmará que la Tierra es el centro del universo, ya que esto es sólo una convención mantenida desde épocas remotas. Al estudiar el firmamento, los primeros astrónomos y astrólogos creían que el cielo era una esfera celeste que giraba alrededor de la Tierra. Tomando la Tierra como centro de la esfera, el Sol parece girar a su alrededor una vez al año, a lo largo de un curso regular llamado eclíptica. Siguiendo la misma ruta que el Sol, la Luna y los planetas parecen trazar un recorrido similar delante de algunas constelaciones, manteniéndose en una zona que abarca ocho grados a cada lado de la eclíptica y que contiene las doce constelaciones del zodíaco.

El círculo completo del zodíaco, de 360 grados, está dividido en doce zonas iguales de treinta grados. Las fechas de cada signo están basadas en la posición del Sol el 21 de marzo, equinoccio primaveral. Parece ser que sobre el año 900 a.C. el Sol entró en la constelación Aries en esa fecha, lo que fijó el comienzo del círculo zodiacal. La astrología no tiene en cuenta las diferentes posiciones con relación a la Tierra que desde entonces han tomado los astros que dan nombre a los signos, causada por la «fluctuación» o precesión de la rotación de la Tierra sobre su eje.

Debido a esta precesión, el eje de rotación de la Tierra con respecto a los astros se desplaza ligeramente. Los cálculos astronómicos han fijado un período de tiempo de unos 21.000 años para que la Tierra vuelva exactamente a la misma orientación en el firmamento con respecto a cualquier astro, aunque los astrólogos han fijado esta cifra en 25.868 años. Los astrólogos piensan que durante este movimiento la Tierra pasa por la influencia de cada uno de los signos del zodíaco. Así, en el curso de la historia hemos atravesado la era de Leo, que corresponde a

El Sol y su séquito de planetas se mueven por el espacio a una velocidad de 19.4 km. por segundo, en dirección a la constelación de Hércules. Como resultado, los planetas giran alrededor del Sol en espirales, cuyo diámetro depende de la distancia del planeta con respecto al Sol. Un corte transversal a través del conjunto del sistema solar es como pararlo en el tiempo, y facilita —como el horóscopo— la posición de los planetas en ese instante. Este horóscopo, *derecha*, pertenece al nacimiento de los Estados Unidos, cuando se firmó la Declaración de Independencia en Filadelfia, a las 3 de la mañana del día 4 de julio de 1776. Los astrólogos predicen el destino de la nación y de sus habitantes, partiendo del ascendente Géminis y de la relación de unos planetas con otros y con los signos en los que se hallaban en aquel momento.





Horóscopo de los Estados Unidos
3 de la mañana, 4 de julio de 1776, Filadelfia

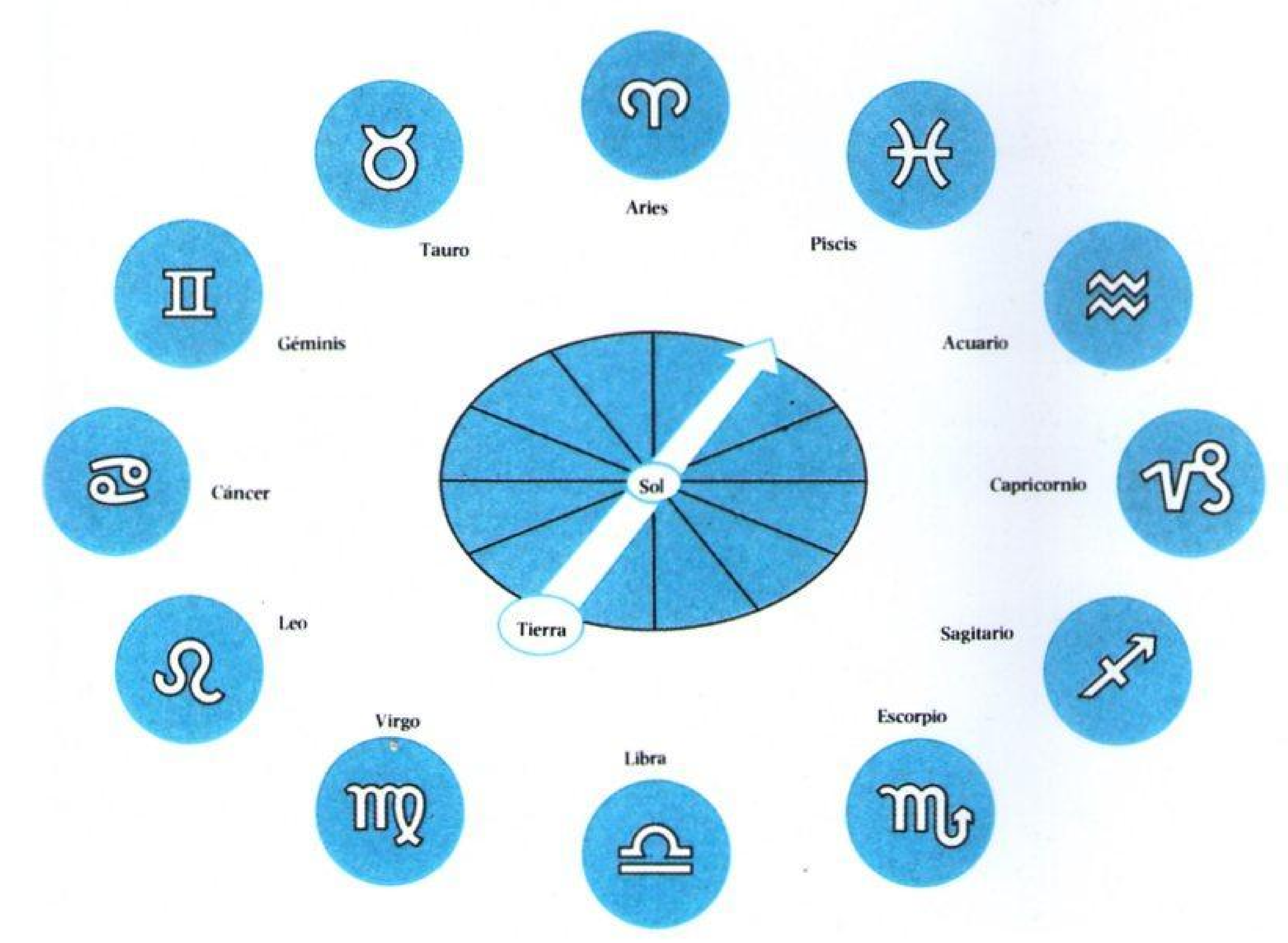
la edad de piedra, alrededor del año 9.000 a.C. y entramos ahora en la era de Acuario, que durará 2.160 años. Dado que Acuario se asocia con los conceptos de ciencia y humanidad, los astrólogos predicen que a medida que el hombre se preocupe más y más por los avances tecnológicos se esforzará también por conseguir la paz. Los movimientos aparentes de los planetas con respecto a los signos del zodíaco son una de las piedras angulares de la astrología. Para los objetivos astrológicos, el Sol y la Luna se incluyen entre los «planetas» y ambos parecen tener una poderosa influencia, especialmente el Sol. Cuanto más lejos se halle un «planeta» de la Tierra, más despacio parece moverse a través del zodíaco, de manera que, mientras que el Sol tarda un año en completar un círculo respecto a la Tierra y a los doce signos del zodíaco, Plutón tarda 248 años y la Luna sólo 28 días.

El horóscopo de una persona, la predicción de su futuro y el análisis de su personalidad se deducen a partir de más factores que la simple posición del Sol, y puede considerarse como un corte transversal a través del Sol y de los planetas que lo rodean a medida que se mueven en espiral por el espacio. Por tanto, en un horóscopo auténtico las posiciones de los planetas respecto a los signos del zodíaco, vistos desde la Tierra, son de gran significación. Los ángulos aparentes de los planetas, a medida que se mueven en relación a ellos mismos y a la Tierra, y calculados en la eclíptica, son los aspectos. Se cree que los aspectos de las agrupaciones planetarias en el momento del nacimiento de una persona son factores determinantes de sus «energías vitales», las fuerzas que configuran toda su vida. Cuando dos planetas están en conjunción en un sector determinado del zodíaco, tienen una influencia combinada. Un ángulo de 60 grados (sextil) entre planetas, o su doble, el ángulo de 120 grados (trino), se consideran ambos influencias beneficiosas, pero los ángulos de 90 grados (cuarto) y 180 grados (oposición) son perjudiciales.

Al igual que el movimiento anual, el firmamento nocturno parece girar alrededor de la Tierra una vez cada 24 horas. Como el «movimiento» anual del Sol, esta rotación diurna se divide en doce, conociéndose estas divisiones como casas celestes. Dentro del período de 24 horas, cada planeta cruza, parece ser, una tras otra cada una de estas doce casas, que tienen determinadas influencias sobre la vida de un individuo, desde su personalidad y profesión hasta sus posesiones y pasatiempos. En un horóscopo es también de gran importancia el signo ascendente, es decir el signo del zodíaco que se halla en el horizonte oriental en el momento en que nace una persona.

La astrología es, sin duda, un tema fascinante, pero en el que resulta difícil ser objetivo, ya que siempre parece haber una parte de la valoración astrológica que «cuadra» con la realidad. La evidencia estadística parece indicar que no tiene ningún fundamento. En una prueba de 300 personas, por ejemplo, no se halló ninguna correlación clara entre los hechos reales y las predicciones astrológicas.

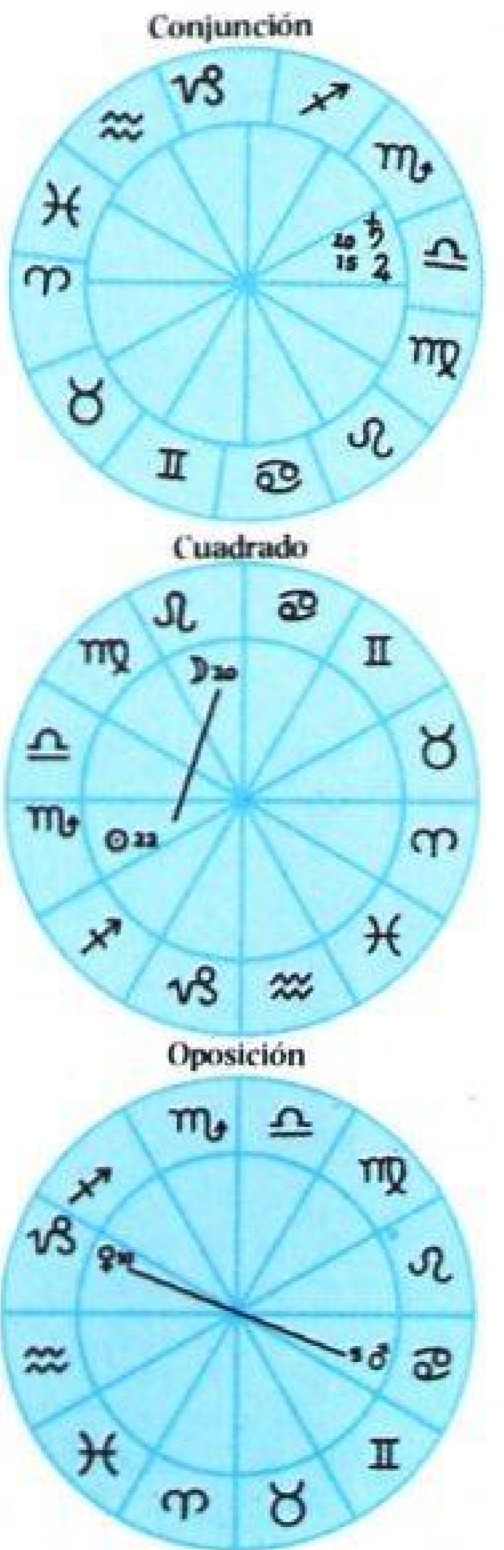
Sin embargo, no hay controversia alguna sobre el hecho de que los ciclos del firmamento son de los más impresionantes de toda la naturaleza, y no es de extrañar que durante miles de años el hombre haya intentado asociarlos con su propio destino. El Sol —uno de los «planetas» astrológicos— nos proporciona otro ciclo natural que parece ejercer influencia sobre nuestras vidas. Los antiguos chinos fueron



La rotación anual de la Tierra alrededor del Sol es uno de los principales ritmos astrológicos, ya que el signo solar de una persona viene determinado por la fecha de su nacimiento. Dado que la Tierra gira a su alrededor, el Sol pasa por delante de cada signo una vez al año. Si una persona nace entre el 20 de febrero y el 21 de marzo se dice que el Sol se halla «en» Piscis, según muestra la flecha, *abajo*, y la influencia de la fuerza vital del Sol configura la individualidad de las personas que pertenecen a este signo. Los planetas también giran alrededor del Sol, pero con distintos períodos, cambiando sus influencias a medida que pasan de un signo a otro. Júpiter, p. ej., gira una vez cada 11,8 años, deteniéndose un año en cada signo, por lo que su influencia se combina con las características del signo en que se halle.



Júpiter y Saturno se hallaban en mitad del signo de Tauro cuando se produjo el nacimiento de John Lennon, el 8 de octubre de 1940. Esta conjunción de los dos planetas tiene lugar aproximadamente cada 20 años, su período medio orbital. Cuando volvieron a unirse en la siguiente conjunción, en el signo de Capricornio, en 1960/1961, Lennon empezaba a componer, junto con McCartney, las canciones que harían famosos a los Beatles. La siguiente conjunción tuvo lugar a finales de 1980, y, justo cuando aparecía de nuevo ante el público, fue asesinado. El ciclo de estas conjunciones sucesivas indica el comienzo de una relación y nuevos reajustes sociales, fenómenos ambos en los que Lennon se embarcó, pero no es, sin embargo, la causa de los acontecimientos.



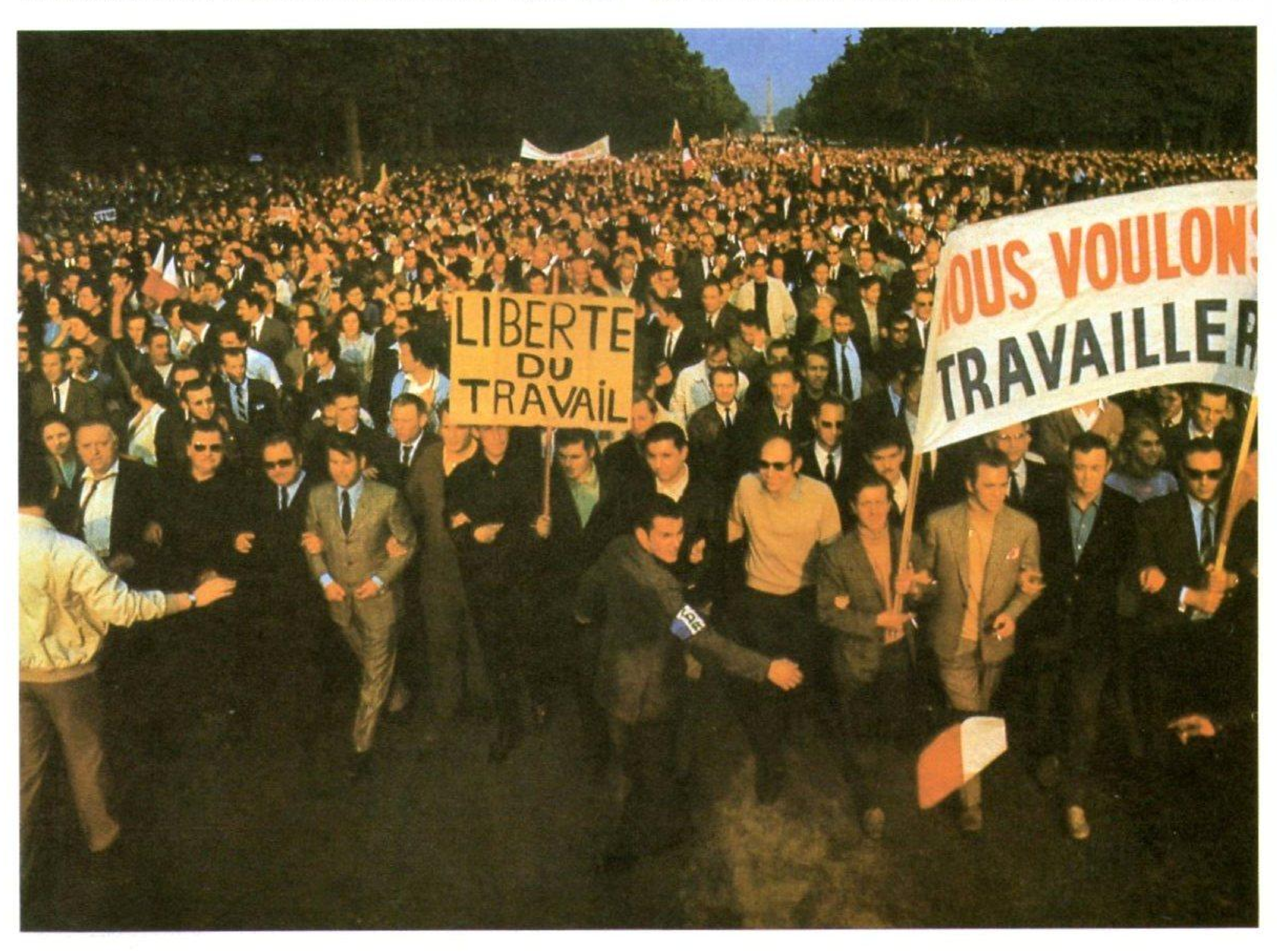
A medida que los planetas giran alrededor del Sol forman determinados ángulos con respecto a la Tierra y a ellos mismos. Los aspectos o ángulos planetarios, presentes en el nacimiento, se manifiestan en el horóscopo, dando base a las predicciones de los astrólogos. Cuando los planetas se hallan en un ángulo de 8° ocurre una conjunción, *superior derecha*. Las influencias planetarias se modifican, indicando el inicio de un nuevo ciclo. En ángulo recto con la Tierra el aspecto es un cuadrado, *centro derecha*, pudiendo producir alteraciones, aunque las personas decididas son capaces de derivar energía. Cuando forman una línea recta con la Tierra se hallan en oposición, *derecha*, y aunque sus influencias se complementan se genera tensión.

probablemente los primeros en observar que las oscuras manchas que se aprecian en el Sol dan la impresión de aparecer y desaparecer. El primer astrónomo «moderno» que apreció estas manchas solares fue Galileo, que realizó sus trabajos a principios del siglo XVII, pero la investigación más completa llevada a cabo antes de nuestro siglo fue la realizada por el astrónomo aficionado alemán Heinrich Schwabe, en 1843. Desde entonces, científicos y no científicos intentaron hallar vínculos entre la aparición y la desaparición rítmicas de manchas solares y ciclos y la presencia de acontecimientos en la Tierra tales como terremotos, sequías e inundaciones.

Incluso antes del descubrimiento de Schwabe de que las manchas solares aparecían en ciclos de 11 años, el eminente astrónomo inglés William Herschel había observado ya que el número de manchas solares variaba, y en 1801 sugirió que el precio de mercado del trigo estaba directamente relacionado con la cantidad de manchas solares. Esto pudo ser cierto durante el corto período estudiado por Herschel, pero no se halló correlación durante un período más largo. Desde entonces ha tenido lugar una curiosa búsqueda de relación entre los ciclos de las manchas solares y los fenómenos terrestres, y por cada sugerencia comprobada han existido otras descartadas. La razón evidente es que dos patrones cíclicos pueden aparentemente progresar a la par durante un tiempo, y luego desfasarse; otra de las razones puede ser que la naturaleza humana se siente respaldada mediante conexiones que expliquen los acontecimientos que no se pueden controlar.

Durante la segunda mitad del siglo XIX el conocimiento de que las manchas solares van y vienen en un ciclo más o menos regular de 11 años se hizo muy popular. Se registraron claras asociaciones entre los ciclos de las manchas solares y las tempestades magnéticas de la Tierra, que desde entonces han demostrado ser válidas. El establecimiento de esta conexión condujo, sin embargo, a una serie de supuestas asociaciones. En esta explosión de entusiasmo, casi cualquier presencia cíclica podía ser utilizada en el juego de las manchas solares: las epidemias periódicas de cólera asiático, la revolución de las masas en todo el mundo, los altibajos de los mercados financieros mundiales, la temperatura en zonas tropicales, la dirección del viento en Argentina, la población de conejos en Inglaterra, los niveles del lago Victoria, las profundidades del Nilo y del Támesis, los monzones de la India, la temperatura del suelo en Escocia, todo ello ha sido relacionado en algún momento con el ciclo de las manchas solares.

Algunas de estas relaciones tenían una base lógica de hecho, mientras que otras eran asociaciones estadísticas totalmente arbitrarias sin ningún criterio racional. Todas ellas fueron refutadas en un momento dado. Incluso hoy existen sugerencias ocasionales, que deben ser menospreciadas, de que los ciclos de la Bolsa están relacionados con los ciclos de las manchas solares. En la década de 1970 se escribió un libro explicando que una compleja cadena de acontecimientos, relacionada con los ciclos de las manchas solares, daría lugar a una serie masiva de terremotos en 1982, año en que todos los planetas del sistema solar se hallarían dentro de un círculo de 60 grados al mismo lado del Sol. El efecto de gravitación combinado, denominado efecto Júpiter, alcanzaría el punto álgido, según se explicó, en el ciclo de 11 años de las manchas solares, dando como resultado un grado de



actividad solar especialmente alto. Esto alteraría aparentemente la rotación de la Tierra, causando una serie devastadora de terremotos en California. La idea se apoderó rápidamente de la fantasía de la gente, pero el propio autor se retractó de ella.

Aunque quizá los terremotos no estén influidos por los fenómenos solares, existen ciertas conexiones entre la actividad solar y los acontecimientos terrestres que no deben despreciarse a la ligera. Los desprendimientos repentinos de energía encerrada magnéticamente o de erupciones solares despiden corrientes de partículas energéticas, rayos X reforzados, luz ultravioleta y otras formas de radiación electromagnética. Estas partículas se lanzan por el espacio. Algunas chocan contra la atmósfera de la Tierra, y, a través de una serie de complejas reacciones, dan lugar al hermoso e impresionante espectáculo de la aurora boreal o meteoro luminoso del norte. Estas mismas emanaciones originan tempestades geomagnéticas.

La frecuencia de estas erupciones solares tienden a experimentar un flujo y reflujo ajustado al ciclo de manchas solares de 11 años. Las erupciones más intensas y más peligrosas en potencia —las que causan tempestades «super» geomagnéticas— tienen lugar principalmente en la fase declinante del ciclo, varios años después de haber alcanzado el número máximo de manchas solares. El Sol alcanzó el punto álgido en el actual ciclo a finales de 1979 y principios de 1980, y estará en fase declinante en 1984. Existen amenazas de que las erupciones solares ocasionen tempestades geomagnéticas durante este período.

Además del desprendimiento de energía y partículas bajo la forma de erupciones solares, el Sol despide continuamente una serie de partículas cargadas, denominadas viento solar. En la Tierra, las tempestades magnéticas moderadas tienen aparentemente lugar a intervalos de 27 días, aproximadamente lo mismo que el período de rotación del Sol enfocado desde la Tierra. Se ha descubierto que las aberturas en el campo magnético de la atmósfera externa del Sol, o corona, permiten la salida de rápidas partículas de viento solar. Estas grietas en la corona solar «apuntan» hacia la Tierra una vez cada 27 días, lo que explica el ciclo.

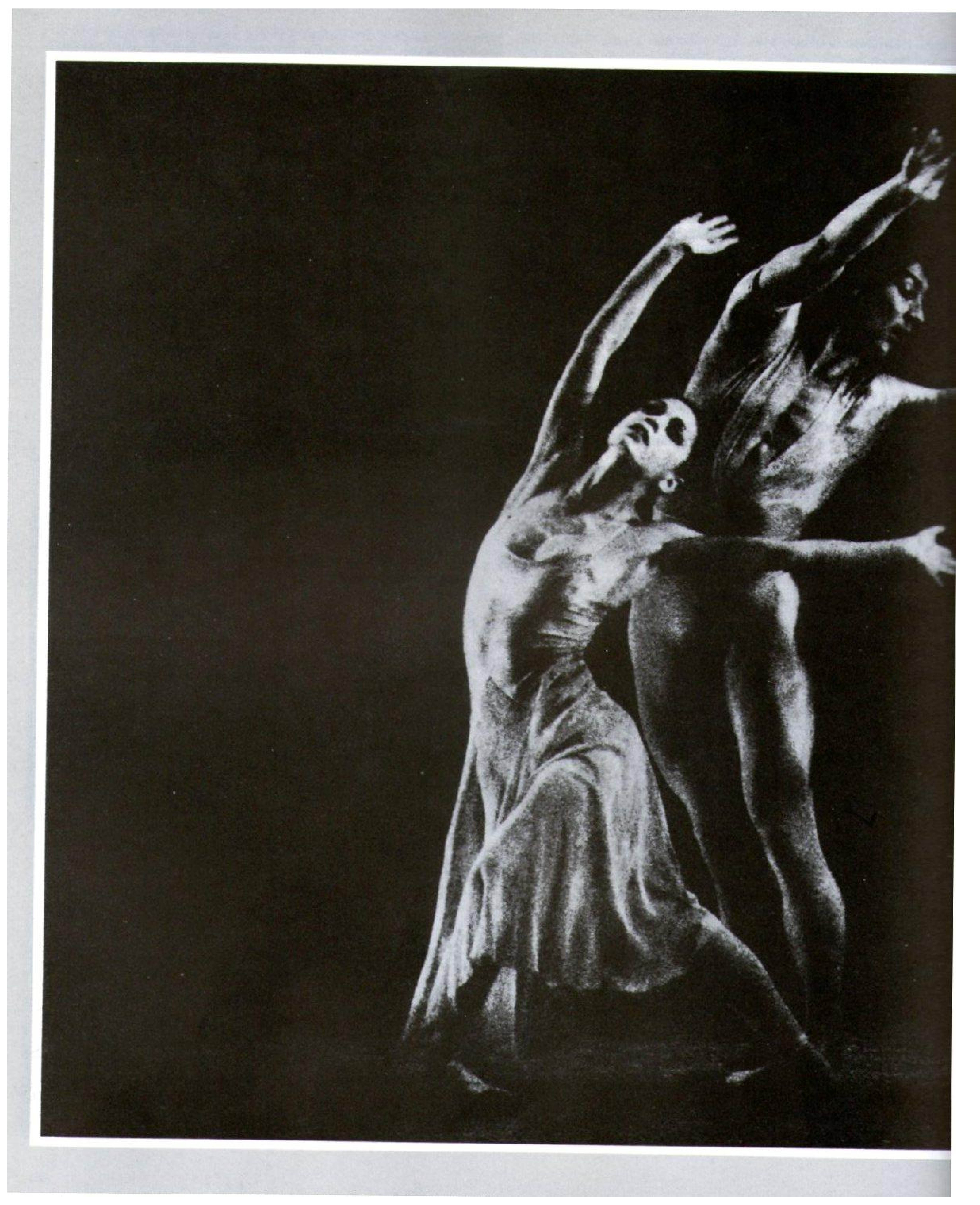
Si los fenómenos solares pueden ocasionar tempestades magnéticas en la Tierra, ¿tiene algo de cierto el rumor de que los ciclos de las manchas solares influyen sobre nuestro clima y nuestro tiempo de un modo más general? Desde 1976, en que se demostró que el ciclo de las manchas solares no ha sido siempre regular en el pasado, la respuesta a esta pregunta se ha hecho cada vez más urgente. Durante el período de 1645 a 1715, por ejemplo, apenas se observaron manchas solares, y las auroras y otras manifestaciones terrestres de la actividad solar fuerte escasearon. Esta fue, sin embargo, la época del «pequeño período glaciar», lo que quizás establezca una conexión.

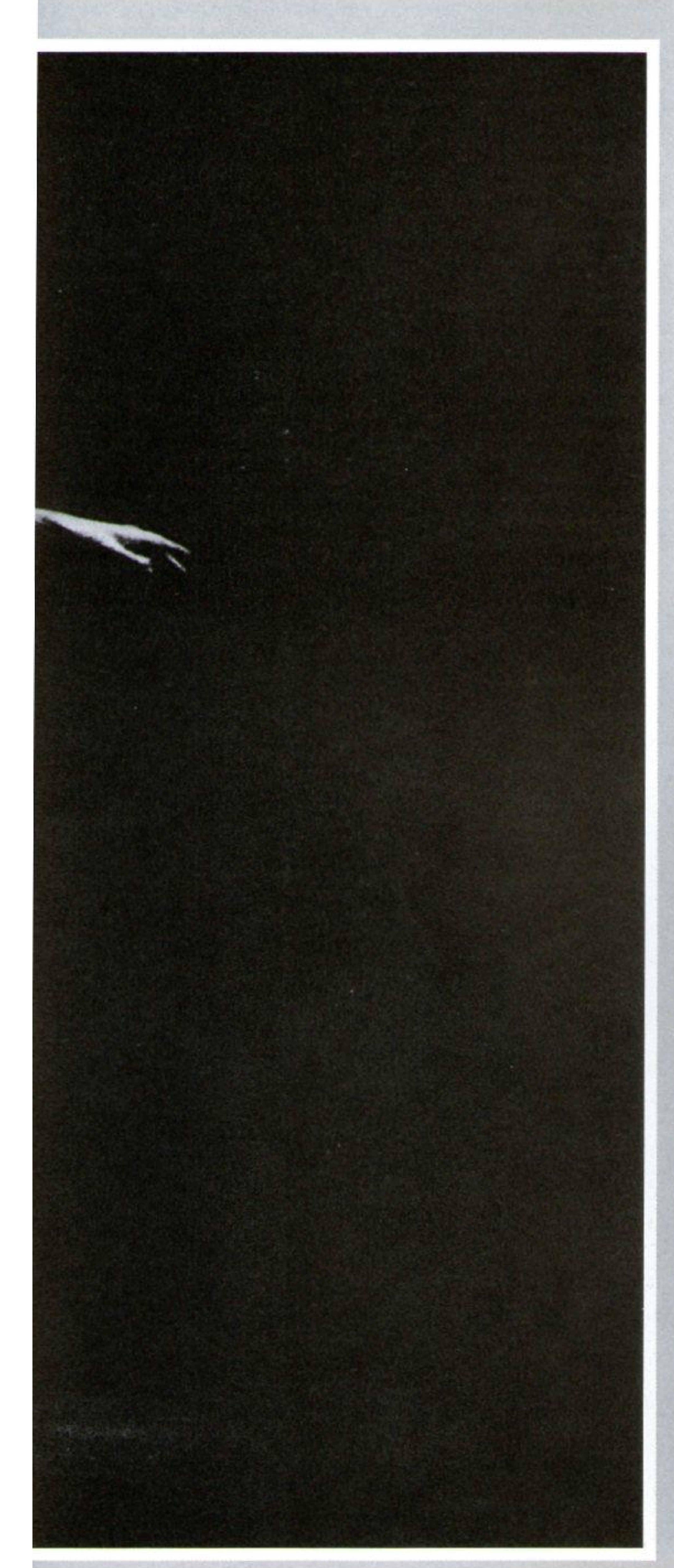
La mayoría de los investigadores de las relaciones entre fenómenos solares y terrestres enfocan las correlaciones con un cierto optimismo mezclado de la dosis necesaria de escepticismo. Pero no hay duda de que el Sol es un cuerpo rítmico. La búsqueda de una conexión solar ha adquirido en los últimos tiempos una nueva respetabilidad y sofisticación, de modo que el futuro quizá nos depare nuevas perspectivas de relación con los ritmos solares que permitan predicciones climáticas más exactas.

El número de manchas solares aumenta y disminuye cada 11,1 años. Un científico ruso, A. L. Chiyevsky, estudió muchos de estos ciclos, encontrando una correlación entre ellos y los movimientos masivos. Un año o dos antes de que el número de manchas alcance el máximo se observa una gran excitación, las naciones se hallan preparadas para sus mayores logros y tienen lugar revoluciones, huelgas y guerras. Ejemplos durante el siglo XX son las manifestaciones estudiantiles y obreras de París en 1968, *izquierda*, las revoluciones rusas de 1905 y 1917, la guerra civil española de 1936 y la revolución de Irán en 1979.



Grandes cantidades de partículas de energía se desprenden del Sol cuando el número de manchas solares alcanza el máximo. Junto con rayos X y luz ultravioleta, estas partículas se lanzan por el espacio, chocando contra la atmósfera superior de la Tierra y ocasionando una fluorescencia. El firmamento nocturno en las regiones polares se ilumina con colores brillantes: la aurora boreal del hemisferio norte y la aurora austral del hemisferio sur.





Un sentido del ritmo

Una hora después del nacimiento, los bebés ya mueven las extremidades y la cabeza, aproximadamente al compás del ritmo del lenguaje que oyen alrededor. Si se utiliza un lenguaje diferente, los movimientos del niño sufren una ligera alteración para acoplarse al lenguaje hablado. Este fascinante descubrimiento tuvo lugar en 1974. Se desconoce aún cuándo el sonido de la lengua nativa de un niño queda tan firmemente grabado en su vida que el cambio de un ritmo a otro deja de ser automático. Lo que sí es cierto es que los niños empiezan a aprender la lengua —y con ella la cultura— a partir del momento en que nacen, y que la primera forma de aprendizaje tiene lugar a través de los ritmos del movimiento. No reaccionan de la misma manera ante ningún tipo de música ni ante golpes regulares o irregulares.

Además de reaccionar ante las influencias culturales, el cuerpo humano lo hace también con mucha intensidad ante los ritmos del universo, el día y la noche y el paso de las estaciones. Los ritmos cósmicos más importantes son los circadianos, o ritmos de 24 horas, que establecen el patrón de la vida cotidiana. Cuando el niño tiene tres meses los ritmos circadianos forman ya parte de su constitución fisiológica, pero el compás exacto de estos ritmos viene determinado por el ambiente cultural en el que el niño se forma. El resultado es que todos reaccionamos de un modo parecido ante los cambios cotidianos y estacionales, pero son nuestros ritmos culturales los que nos proporcionan la sensación de encontrarnos «a gusto» en determinadas circunstancias y molestos en otras.

De la misma manera en que nuestros cuerpos funcionan de acuerdo con principios rítmicos, también lo hacen las sociedades. Las ciudades son relojes sociales de gran exactitud, con despertares matutinos, mediodías estridentes, tardes declinantes interrumpidas por brotes de actividad a medianoche y, finalmente, sueños nocturnos. Estos ritmos, que se repiten a diario, sufren ciertas variaciones de acuerdo con el día de la semana o con la estación del año. La ciudad es sólo un tipo de ambiente cultural al que el cuerpo se adapta y a lo largo de la vida vamos cambiando constantemente según el medio ambiente físico y cultural. Pero una de las ambigüedades irónicas de pertenecer a una cultura es que podemos conscientemente buscar una sincronización con los ritmos que nos rodean, y al mismo tiempo ignorar algunos de nuestros ritmos corporales dictados por el cosmos, como el ritmo de sueño y vigilia. El resultado es que podemos sincronizar los ritmos del universo y los de nuestro propio cuerpo cuando buscamos este tipo de armonía, pero podemos también hacer caso omiso de esta sincronización o ignorarla deliberadamente cuando obedecemos a hábitos culturales o necesidades psicológicas.

Los ritmos del universo no son en sí mismos ni buenos ni malos; es la valoración cultural la que los etiqueta, al igual que a los ritmos culturales, lo que significa que al final todos tenemos que hacer dichas valoraciones y tomar una postura moral frente a nosotros mismos, a nuestros vecinos y a nuestro medio ambiente. Podemos, como el yogui, buscar una «identificación» con el universo o, siguiendo la tendencia opuesta, tratar de controlar y explotar nuestros ritmos naturales y ambientales (cueste lo que cueste al medio o al bienestar de los demás). Algunas culturas, sobre todo las del mundo occidental, fomentan el desprecio hacia los ritmos naturales en la búsqueda de un ideal cultural o en el intento de ser un ciudadano más. Dada nuestra capacidad de ignorar los ritmos corporales y los del mundo que nos rodea, dominamos nuestro destino. Podemos colaborar con estos ritmos, oponernos a ellos o elegir cualquiera otra estrategia intermedia.

La cultura impregna cualquier aspecto de la vida. Incluso las características que nos unen a individuos del reino animal, tales como la necesidad de comer, reproducirse y dormir, están de hecho estrechamente ligadas a las experiencias culturales de la sociedad en que vivimos. Por esta razón los acontecimientos que escapan a nuestras normas sociales nos hacen sentirnos a disgusto. Una de las causas del malestar que sentimos en los ambientes en que somos extraños es no saber exactamente lo que se espera de nosotros. Aún más importante es el hecho de que nuestros movimientos no se acoplan al lenguaje ni a los ritmos que nos rodean. El hablar la propia lengua cuando se ha estado fuera durante mucho tiempo resulta tan agradable simplemente porque los movimientos vuelven a ordenarse en el modo en que se aprendieron.

En todas las culturas existen «aves nocturnas» y «gallinas»: gente que funciona mejor por la noche o por la mañana. Estos hábitos e inclinaciones obedecen al metabolismo del cuerpo, atravesando así barreras culturales, pero distintas culturas nos hacen reaccionar ante nuestros ritmos básicos de distinta forma. La mayoría de los granjeros, por ejemplo, empiezan a trabajar al amanecer, o incluso antes, por lo que en esas culturas las aves nocturnas están en desventaja. En una profesión de horario flexible, las aves nocturnas pueden sacar partido de su situación, ya que se encuentran a gusto en medios culturales que utilicen luz artificial y les permitan trasnochar, lo que no pueden hacer los que dependen sólo del Sol como fuente de iluminación.

La idea de un «buen sueño nocturno» es esencialmente occidental, y muchos individuos se amargan la existencia porque no consiguen dormir en el momento adecuado y el número de horas que su cultura y sus padres les enseñaron. El pueblo tiv, de Nigeria, sin embargo, divide la noche en tres sueños, esperando despertar primero alrededor de mediacohe, luego alrededor de las tres de la madrugada y, finalmente, justo antes del amanecer. En el caso de los tiv, como en cualquier otro, los ritmos biológicos personales se acoplan así a los ritmos culturales. Otros pueblos duermen sólo cuando tienen sueño.

Como ocurre con el sueño, nuestra cultura nos indica también qué y cuándo comer, y cómo preparar la comida. Desde un punto de vista fisiológico, el estómago humano experimenta fuertes contracciones cada 75 a 115 minutos, tanto durante el día como durante la noche; sin embargo, nadie come tan a menudo y, por otra parte, muy pocos adultos comen sólo cuando tienen hambre. El número de comidas al día y el horario se acoplan a muchos patrones diferentes. En algunas culturas europeas se hacen cuatro comidas al día. Un inglés que en cierta ocasión invitó a tomar el té a un estadounidense quedó sorprendido ante su respuesta: «No tomo nada entre comidas.» La mayoría de los estadounidenses hacen tres comidas al día, y los asiáticos dos, una por la mañana y otra por la tarde. Algunos pueblos del oeste de Africa preparan una comida abundante a media tarde, acabando con las sobras durante la mañana del día siguiente. Unas sociedades permiten e incluso fomentan que la gente coma algo cada vez que tenga hambre, y otras lo prohíben. Se requiere una clara motivación psicológica para alterar los ritmos de la comida, a los que se acostumbra el cuerpo tras los efectos de los condicionamientos culturales.

Tanto los ritmos corporales como los culturales influyen sobre



nuestro estado de ánimo. Mucha gente piensa que generalmente controla su humor, sin detectar los cambios de estado de ánimo a pequeña escala, pero una vez que se deciden a detallar meticulosamente en un diario su forma de sentir, entonces les es posible discernir a grandes rasgos ciclos rítmicos de cambio de humor durante largos periodos. Los científicos no han determinado aún los principales ritmos de estos ciclos, ni tampoco sus causas, pero mucha gente cree en ellos y algunas religiones o seudorreligiones han intentado estandarizarlos. El único ciclo conocido que indudablemente influye sobre el estado de ánimo es el ciclo menstrual de la mujer.

Muchas culturas permiten a sus miembros ciertas actividades que influyen considerablemente en los ritmos naturales del cuerpo, e incluso ordenan que se lleven a cabo. Las drogas y el alcohol ejercen un poderoso efecto sobre los ritmos naturales incluidos los del humor, y, mientras unas culturas prohíben su uso a hombres y mujeres de cualquier edad, otras los fomentan, consciente o inconscientemente. El alcohol es una droga con efectos tanto fisiológicos como culturales. Las influencias culturales dictan los efectos y sensaciones que nos produce el alcohol —en una fiesta, por ejemplo, nos pondrá alegres—, pero el alcohol en sí mismo afecta a ritmos corporales, tales como los patrones de dormir y soñar. El uso de ésta y otras drogas —por ejemplo la nicotina de los cigarrillos— está totalmente sometido al control cultural. Gente de diferente edad o rango social tiene distinto acceso a las drogas, y la droga elegida siempre estará en consonancia con la propia generación. En Africa, por ejemplo, los jóvenes tenían derecho a un poco de cerveza, mientras que la mayor parte del suministro de la misma estaba destinado a los hombres, y pocas veces a las mujeres, de edad avanzada.

Uno de los medios más potentes y extendidos de alteración de los ritmos corporales básicos es el uso de la píldora. El hecho de que una mujer deba, o no, tomar la píldora viene determinado por consideraciones médicas y religiosas. Una de las objeciones médicas estriba en la preocupación por los peligros que puedan derivarse de la regulación artificial a largo plazo del ritmo corporal de la ovulación.

Los ritmos naturales se ven también interrumpidos por las tensiones; tanto la tensión por enfermedad o presión psicológica, como por un esfuerzo físico desacostumbrado o por una catástrofe social, conllevan muchos cambios. Incluso la alteración de la rutina diaria provoca tensión, así como viajar al este o al oeste causa más desajustes en el sistema corporal que viajar al norte o al sur, por la sencilla razón de que supone un trastorno en los relojes biológicos. Además, la sociedad moderna nos permite efectuar estos cambios a gran velocidad. Antes de que existiera el transporte aéreo, cuando la gente cruzaba el océano en transatlántico, lo que permitía que sus relojes biológicos internos se fuesen adaptando paulatinamente, no existía nada comparable a los actuales desajustes por vuelo a reacción. Puede ser que cuanto más compleja es la vida moderna, más tensiones sufren los ritmos humanos.

Los ritmos internos de todos los animales, incluid el hombre, están influidos o dirigidos por los del medio ambiente, y sin estos elementos conciliadores externos los ritmos internos de cualquier ser funcionarían libremente irregularizándose. La información esencial sobre el medio que nos rodea la recibimos a través de los órganos





Se ha hecho culturalmente necesario en la sociedad occidental dormir sólo por la noche, y durante un determinado número de horas en lugar de caer dormidos cuando nos sentimos soñolientos. Las siestas en días laborables son a menudo mal vistas, *arriba*, aunque permitidas por algunas sociedades.

El alcohol quebranta seriamente los ritmos naturales del cuerpo. Los ritmos de hambre, sueño y temperatura se trastornan y la percepción del cerebro del paso del tiempo se altera. La bebida en el mundo social y de los negocios puede convertirse en parte integrante de los ritmos diarios, pero cuando pasa a ser un problema, *derecha*, la regulación de la siguiente copa determina la conducta de todo el día.

En todas las sociedades el día gira alrededor de las horas de las comidas, *izquierda*, aunque su número y frecuencia están influidos por la clase social, la ocupación y la religión. En las culturas latinas es normal cenar en un restaurante a medianoche. El patrón semanal de las cenas de los viernes de los judíos y el mes de ayuno del Ramadán están firmemente enraizados en la religión.

sensoriales. Así, una bandada de pájaros se convierte en bandada mediante acoplamiento, utilizando cada animal delicados mecanismos sensoriales para captar las señales del medio y ajustando a ellas sus actividades. Los animales gregarios, como el hombre, ajustan sus ritmos; los niños recién nacidos adoptan el ritmo de voz de los adultos.

Para darse cuenta del acoplamiento de los ritmos humanos basta con ponerse en una esquina y observar el movimiento del tráfico, donde cada conductor se acomoda a la presencia de los demás, acompasando sus movimientos con los de otros usuarios de la carretera. Aunque algún accidente se deba a fallos técnicos, la mayoría de ellos ocurren cuando el ritmo se interrumpe, ya sea por equivocación o por errores de percepción o acción por parte de uno o más conductores. Teniendo en cuenta los kilómetros recorridos, la conducción más segura se da en las autopistas, ya que estas carreteras están controladas para disminuir el número de variables. Las velocidades pueden ser más altas, pero los fallos rítmicos, y por tanto los accidentes, son menos probables. Sin embargo, cuando ocurren suelen afectar a más coches.

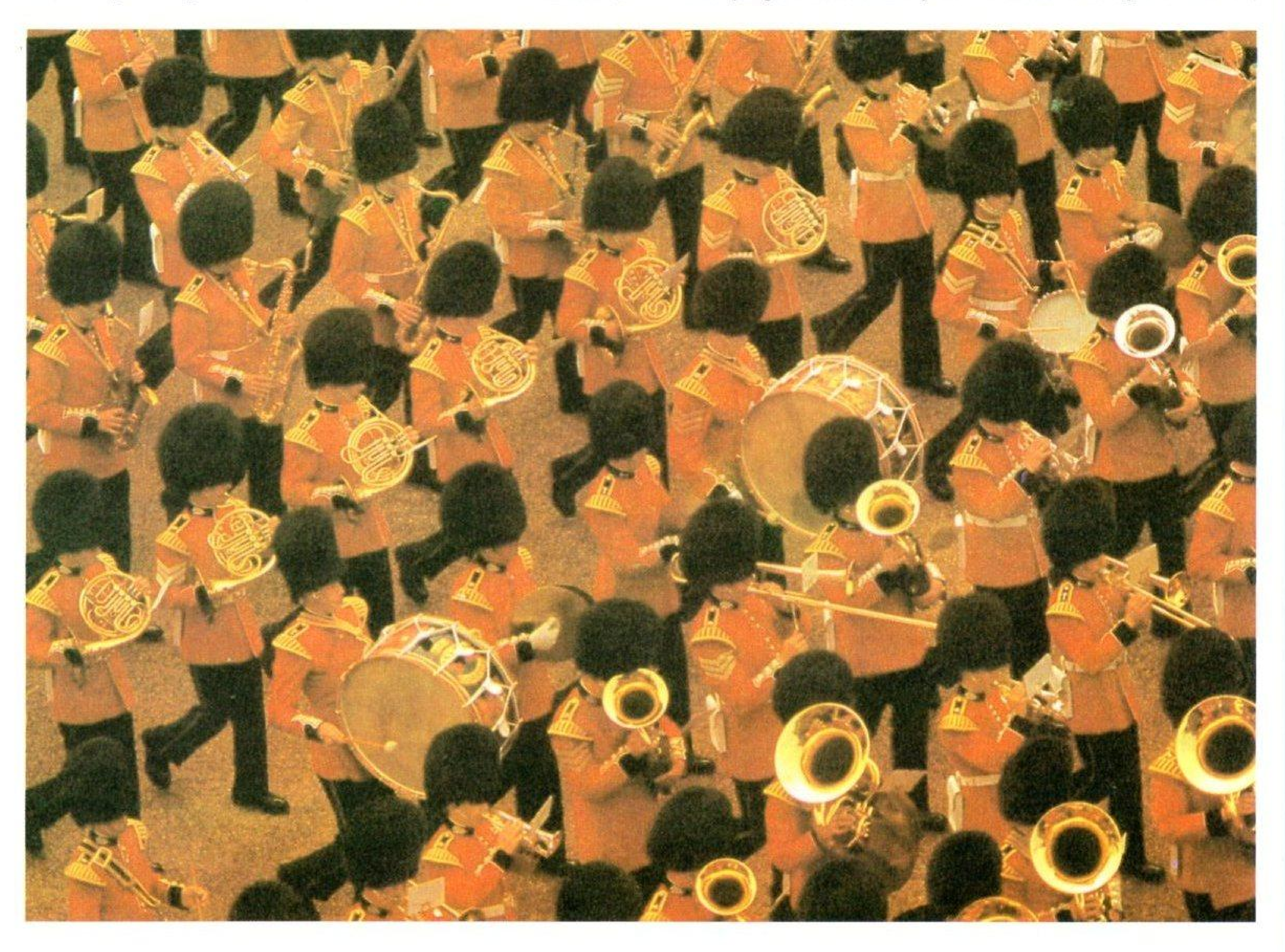
El baile es otro ejemplo de cómo un ser humano puede tomar el ritmo de otro. Acompañando a la música, que proporciona el compás —el estímulo externo fundamental ante el que reaccionan los ritmos del cuerpo—, la pareja se abre paso por la pista, siendo generalmente el hombre el que «lleva» y la mujer la que «sigue». La destreza de los bailarines está directamente relacionada con la claridad de las señales emitidas por el que dirige el baile, y la capacidad de reacción ante dichas señales. Quiere esto decir que cuanto más capacitado esté un bailarín, más piruetas podrá realizar; siendo la máxima manifestación de esta habilidad los complejos movimientos interrelacionados del ballet.

La adopción de los ritmos de otra persona, además de en el plano físico, puede darse también en los planos intelectual y emocional. Un conferenciante, por ejemplo, puede apreciar si el público sigue su argumento, si las ideas están expuestas de un modo demasiado esquemático o demasiado extenso, y si son demasiado difíciles o demasiado sencillas, así como de si está hablando rápido o despacio.

Todo grupo humano se impone a sí mismo ciertas restricciones sociales, pero el acoplamiento colectivo actúa de un modo eficiente para romper la barrera del autocontrol. Los fenómenos multitudinarios, como los disturbios, ocurren cuando las personas adoptan los ritmos de quienes les rodean, y son un ejemplo complejo de como podemos sentirnos arrastrados por los ritmos emocionales de otros y sucumbir ante la efusión emocional por medio de movimientos rítmicos.

En la vida cotidiana pueden apreciarse ejemplos de arritmia, momentos en que nuestros semejantes no consiguen seguir nuestros ritmos, o nosotros los suyos. El índice de actividad y los ritmos de los jóvenes, por ejemplo, son diferentes de los de los adultos entre la edad de la pubertad y la senilidad. Para un padre que tiene prisa puede implicar tener la paciencia de un santo el esperar a que el niño se ate los zapatos, y la tendencia natural es tomar la iniciativa y hacerlo uno mismo. Sin embargo, no puede esperarse que el niño lo haga deprisa, dado que carece de la experiencia en el patrón de movimientos que la tarea requiere, e incluso los ritmos básicos que utiliza son distintos a los utilizados por un adulto.

Otro ejemplo similar es la experiencia frecuente de esperar en la cola



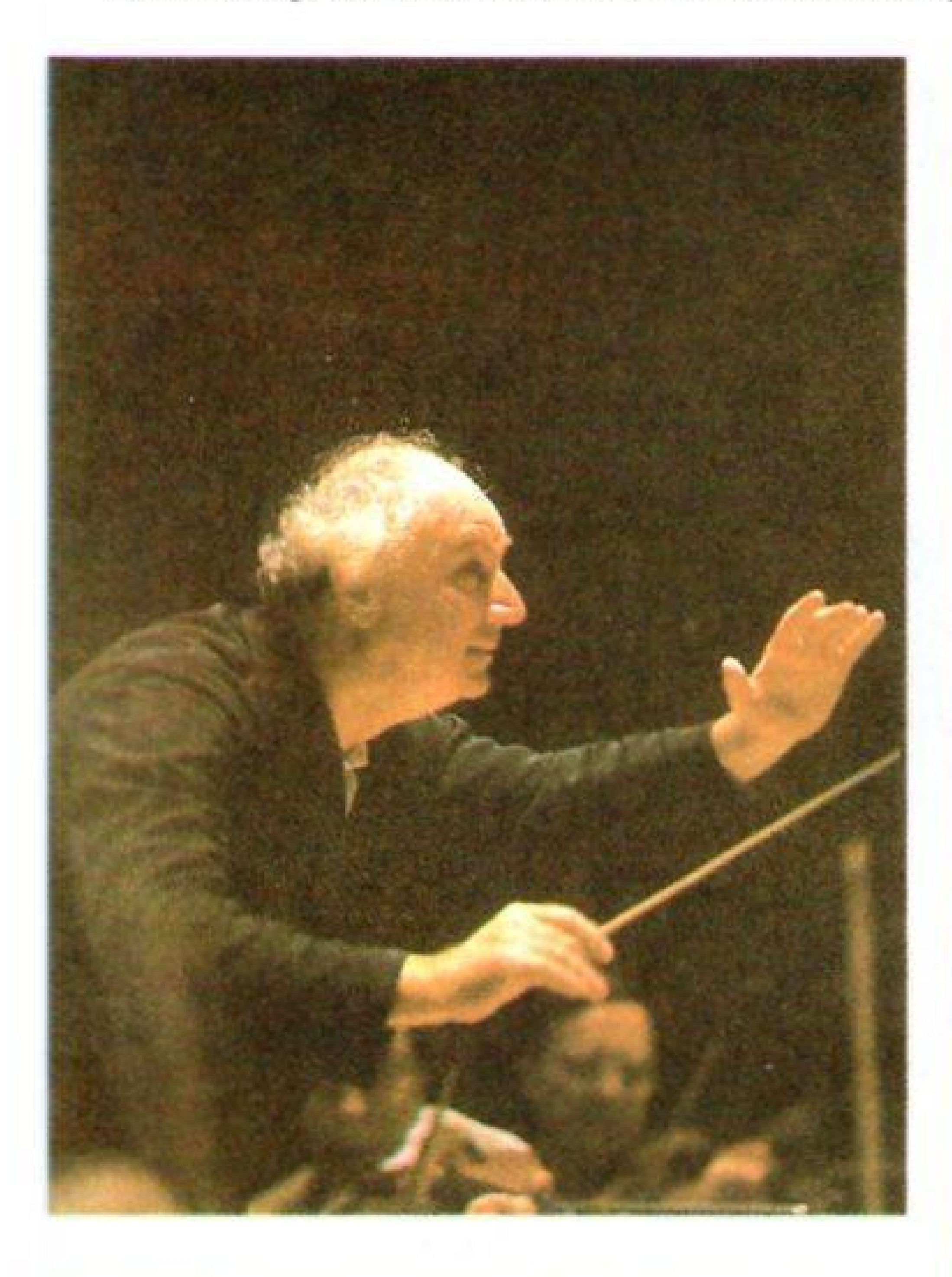
a que una anciana encuentre el dinero en su monedero, perdido en las profundidades de la bolsa de la compra. A medida que nos desesperamos nos ponemos nerviosos, mientras la anciana recolecta el contenido de la bolsa antes de avanzar. Las personas mayores que viajan en autobús no funcionan en sincronía con los movimientos de los demás, y causan alteraciones y situaciones violentas para ellos mismos, provocando incluso la ira del conductor, cobrador u otros pasajeros. Inconscientemente intentamos ajustarnos a la diferencia de edad de quienes nos rodean, pero una vez alcanzado cierto umbral —que aún no se ha estudiado con el debido rigor— nos damos cuenta de que la otra persona se halla desfasada respecto a nuestros ritmos. Esta observación puede manifestarse en enojo, compasión u otro tipo de emoción similar.

La arritmia también viene dada por la enfermedad. Una de las razones por la que los hospitales no resultan lugares agradables es que necesariamente los ritmos de los pacientes funcionan a distinto compás que los del personal. Cualquier tipo de enfermedad altera los ritmos del cuerpo, y los enfermos son, por definición, arrítmicos. Los médicos funcionan siguiendo su apretado horario, mientras que las enfermeras tienen la ingrata y desvalorizada labor de ajustar los ritmos del paciente a los del médico y a los de la actividad general del hospital. Además, se ven obligadas a trabajar en diferentes turnos cada semana, por lo que sus propios ritmos pueden también verse alterados. Estos ritmos desarticulados e irregulares dificultan la normalización a los enfermos, de modo que cuando un paciente sale del hospital le resulta difícil reajustar sus ritmos a los de las personas sanas.

En el campo de la salud mental, uno de los aspectos más prometedores de la investigación consiste en el estudio de cómo enfermedades como el autismo pueden mostrar complejas formas de arritmia. Los niños autistas, o no pueden o no quieren integrarse con otras personas, como los niños normales. Se niegan a recibir mensajes de los demás y a relacionarse con los vecinos, actuando como si tal integración les causase un intenso sufrimiento. Estos niños parecen incapaces de reconocer los estímulos externos, lo que les aísla del resto de la sociedad y permite que sus ritmos corporales funcionen libremente, desfasados unos de otros. Esta complicada irregularidad que surge de la falta de estímulo por parte de los ritmos externos es también un síntoma de esquizofrenia. Los psiquiatras e investigadores de la salud mental preparan un programa de estudio que promete ser de gran utilidad en cuanto a la forma de alteración de los ritmos mentales, y es posible que a finales de la década de los 80 se comprenda mejor el papel fundamental de los ritmos tanto en la salud individual como en la social.

A partir del nacimiento los estímulos externos ayudan a crear ritmos a los que el ser humano reacciona internamente. Al nacer, los niños tienen ciclos de 50 a 60 minutos de descanso y actividad, pero —a diferencia de los adultos— su índice cardíaco no varía entre el día y la noche. Hacia la sexta semana, factores externos establecen los ritmos de la existencia física del niño.

Los fisiólogos afirman que los factores externos, tales como el patrón de vida familiar, ayudan a poner en vigor los ritmos del niño, incluyendo dichos factores la actitud de los padres hacia la alimentación durante el día y la noche, los niveles de temperatura y ruido de la casa y





La acción de grupo se organiza en un ritmo coordinado generalmente por un individuo. Esto puede ser consciente, como en una orquesta o en un coro donde el papel del director, *arriba*, es llevar el compás y el ritmo, o inconsciente, como en los tumultos masivos, *derecha*, donde la emoción contagiosa de uno o dos líderes se extiende a las masas provocando una explosión aparentemente espontánea. Se produce algo similar con los estrictos ritmos de una banda militar. Desfilar impone una disciplina y un sentido de unidad sobre un grupo de hombres, alentados por los movimientos sincronizados para eliminar su propia individualidad en favor de la identidad de grupo. Dos personas caminando juntas tienden a marchar al paso, e incluso pueden sincronizar su respiración estableciendo una relación. En deportes de competición, un individuo establece el ritmo que es seguido por el resto del equipo o de los competidores y reflejado en los movimientos de la multitud. Incluso las tendencias políticas y sociales siguen el modelo trazado por un líder.

los patrones paternos de actividad y descanso. La sincronización de los ritmos del niño con el mundo social y natural requiere unas respuestas a estos estímulos externos, sin cuya existencia los ritmos de los niños se hacen cada vez más irregulares; sólo mediante ellos puede el niño organizar sus ritmos desordenados, ajustándolos a los de su familia y a los de la comunidad en que vive.

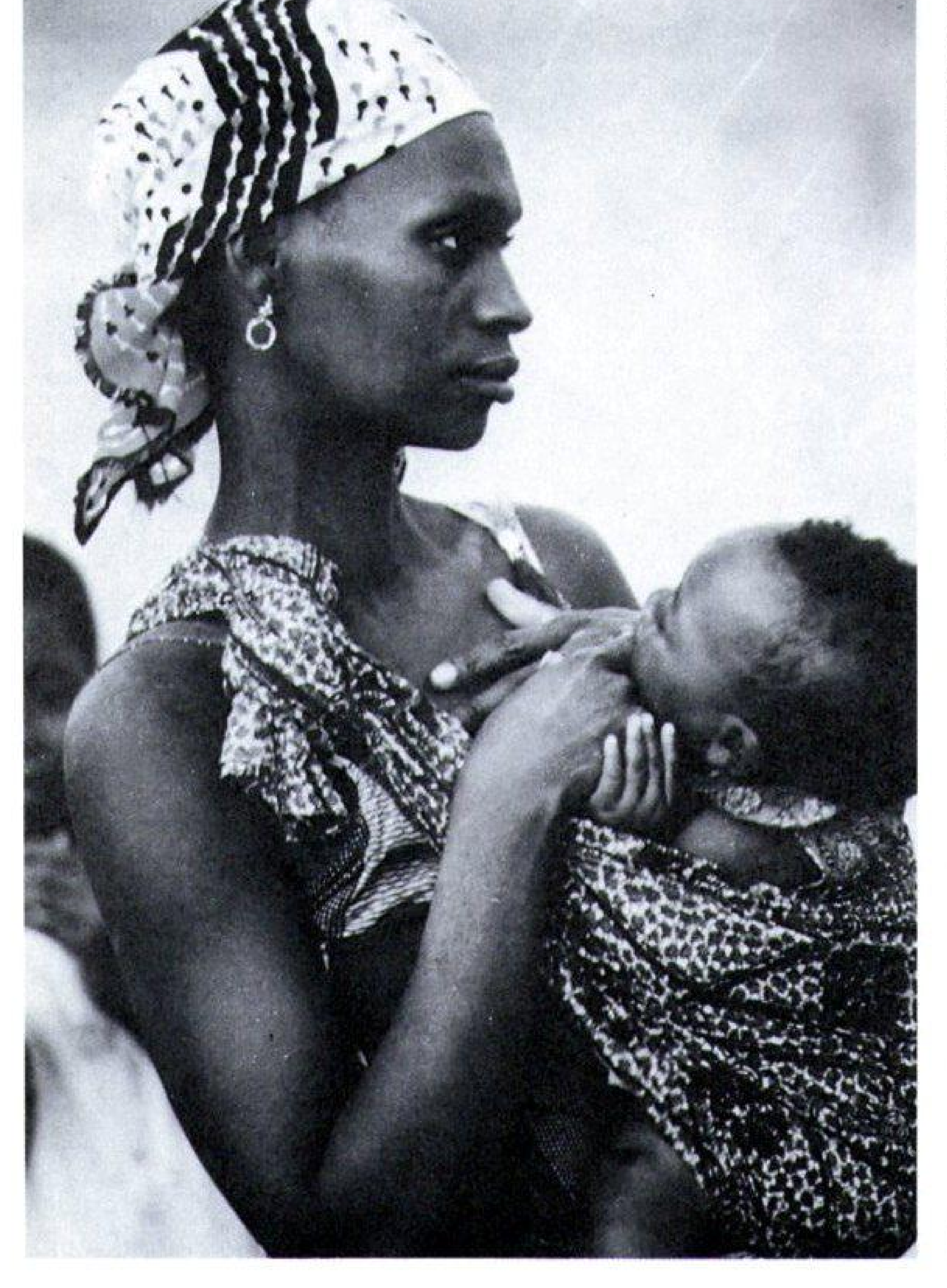
El niño es un ser indefenso, incapaz de sobrevivir a no ser por los cuidados de los adultos. Dada su capacidad innata de estimulación, la ayuda del adulto le proporciona la primera experiencia de coordinación con el movimiento humano. Así, los ritmos de la madre se convierten en parte integrante del crecimiento del niño, estableciéndose junto con otros ritmos ambientales en su fisiología interna, y siendo los ritmos maternos tan naturales como los de la luz, temperatura y gravedad.

Las comunicaciones rítmicas se relacionan de un modo directo con el tipo de vida del niño durante los primeros meses de vida. En muchas sociedades africanas los niños son transportados a la espalda de la madre. Las madres del pueblo tiv, en Nigeria central, colocan a los niños en cabestrillos. Las piernas van cruzadas en la espalda y un pedazo de tela envuelve al niño, de modo que va como cabalgando siguiendo el vaivén de la madre que marcha al campo o al mercado.

Los kung bushmen de Africa del Sur transportan a los niños en cabestrillo sobre el costado de la madre. El niño mira en la misma dirección y se halla aproximadamente a la misma altura del suelo que ella, de modo que la actividad de la madre se duplica en los ritmos corporales del niño. En sociedades occidentales, los niños no son transportados, sino que aprenden la sincronía de interacción por otros medios, pero, siguiendo el modelo africano, muchas madres occidentales han adoptado la práctica de transportar a los niños en cabestrillo. Durante gran parte del día muchos bebés africanos de ocho o nueve meses son confiados a niños de unos diez años. Estos se encargan de transportarlos, cuidarlos, vigilar que no se alejen y que estén cerca de la madre a la hora de comer. Los bebés adquieren así mucha información cultural de los niños mayores.

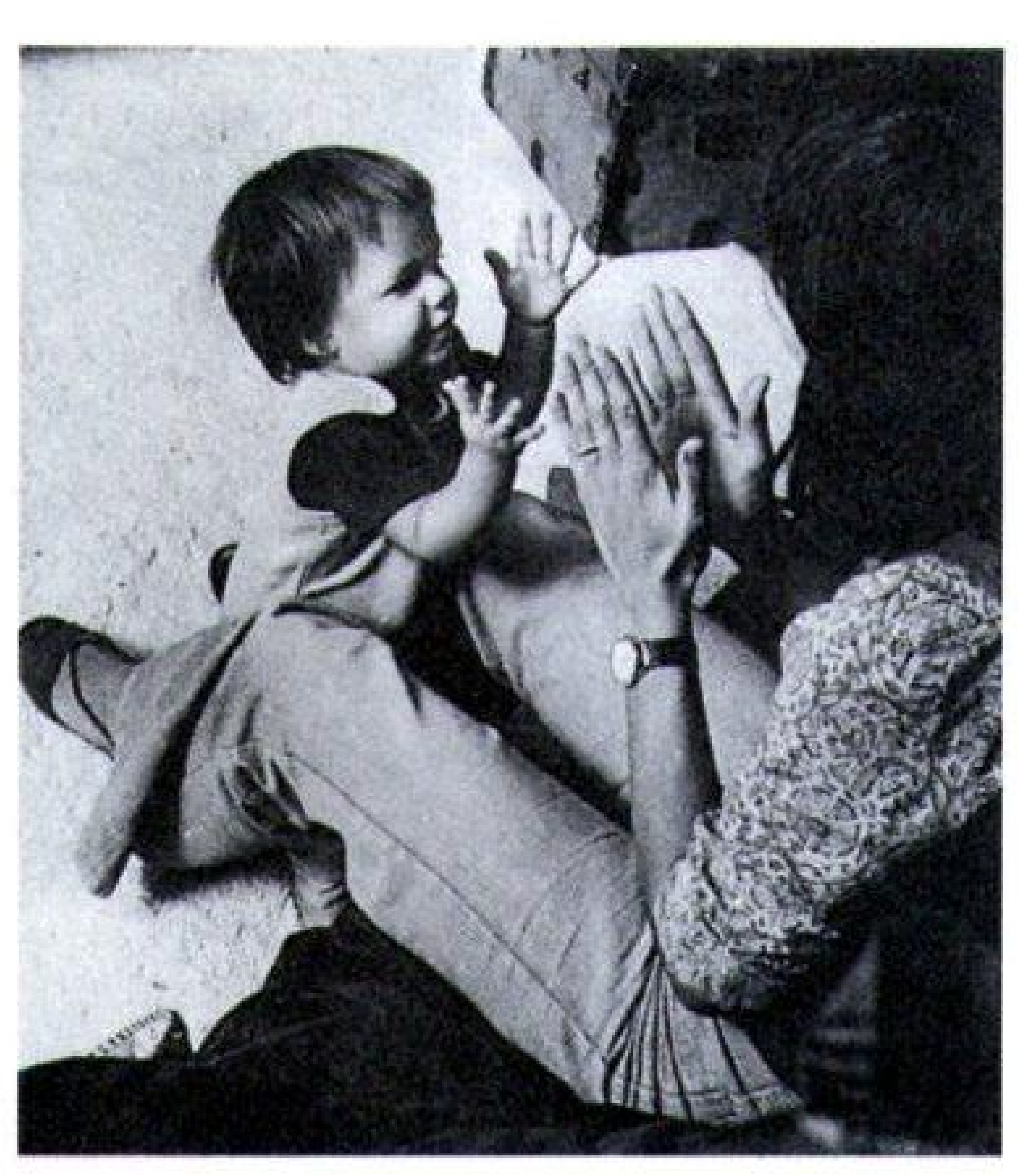
A medida que aprenden a gatear, a andar a cuatro patas y a caminar, los niños adoptan más ritmos sociales en su propio cuerpo. Sin embargo, cada uno tiene su propio andar; existen diferencias culturales en cuanto a las formas: el modo de levantar y apoyar los pies, el orden exacto en que actúan las contracciones musculares y la forma de balancear los brazos y de mantener los hombros. Durante las décadas de 1940 y 1950 el andar típico masculino de un inglés consistía en reducir el movimiento de las caderas, para lo que es necesario bajar el hueso de la cadera y acortar el paso. En la misma época, el típico andar masculino de un estadounidense se asociaba a la idea de unos hombros anchos. Para adoptar este tipo de paso hay que mantenerse erguido, alzar las caderas y empujar el esternón lo más hacia arriba posible. Además, los codos giran levemente hacia afuera y los brazos se balancean vigorosamente. La diferencia entre estos dos estilos hizo que los ingleses pensasen que los estadounidenses andaban como gorilas, y los estadounidenses que los ingleses lo hacían remilgadamente. Ambos trataban de caminar como «auténticos» hombres, pero los ritmos corporales comunicaban mensajes distintos.

La cultura y el movimiento de los ritmos corporales poseen otros



Cuando un niño pasa el día firmemente acoplado a la espalda de su madre, los ritmos naturales de ella llegan a ser parte integrante de las primeras experiencias del niño. El suave latido de su corazón, el balanceo de su caminar y de su cuerpo al emprender el trabajo diario combinados con el elemento tranquilizador del estrecho contacto físico, llegan a inculcarse en la conciencia del niño. En la tribu malinke de Africa Occidental, *izquierda*, de rica tradición musical, los niños pasan los primeros meses de su vida cómodamente a caballo sobre el estómago de la madre. Como en la mayor parte de las culturas, la introducción a la música empieza desde muy jóvenes, de modo que todos los niños desarrollan el gusto por el ritmo desde el principio. En algunas sociedades, particularmente en el Sudeste asiástico, los niños empiezan a bailar casi tan pronto como a andar, de manera que el ritmo de su propia cultura se convierte en una segunda naturaleza, y sólo cuando se enfrentan a un conjunto de ritmos diferentes llegan a percatarse del suyo propio.

Estimulados por juegos como saltos, patinaje, danza, baloncesto y otros, los niños aprenden pronto que es más fácil y divertido moverse rítmicamente. Después, en la vida, utilizarán estos ritmos no sólo en sus ratos de ocio sino para moverse en armonía con sus compañeros de trabajo. Los niños no alcanzan una completa coordinación hasta los doce años. Aquellos que encuentran dificultad en el movimiento rítmico hallan más útiles los estímulos visuales que los auditivos, pudiendo mejorar su coordinación a través de la imitación.



Los juegos de palmas son un medio popular y efectivo de enseñar paulatinamente al niño los ritmos complejos, *izquierda*, estimulando en él la coordinación con otras personas y la adopción de sus ritmos. La capacidad de interpretar un ritmo regular se desarrolla antes que la de identificarlo en una pieza de música. Los menores de ocho años difícilmente pueden mantener las notas o distinguir la entonación. La capacidad rítmica individual varía y continúa perfeccionándose en la edad adulta.

vínculos. Los niños pueden aprender los sistemas de locomoción en distinto orden, de modo que andar a cuatro patas no necesariamente precede a caminar. Algunos bebés se deslizan sobre el trasero antes de empezar a andar. La influencia cultural de estos procesos de aprendizaje se manifiesta claramente en los niños de Balí, que primero aprenden a ponerse en cuclillas, y a partir de esta posición a ponerse de pie. Por el contrario, la mayoría de los niños occidentales aprenden a mantenerse en pie y luego, si es que lo hacen, a ponerse en cuclillas. Para la gente occidental, estar en cuclillas no resulta una postura cómoda ni relajada. El resultado es que no se dota a esta postura de un aire rítmico y gracioso.

En algunas sociedades, los niños aprenden los ritmos del baile a temprana edad y hasta los bebés son transportados mientras la madre baila. Incluso los más pequeños «golpean» al ritmo de la música pop, siguiendo el compás con una facilidad innata. Durante la audiencia de un tribunal, en el pueblo tiv, de Nigeria, un enérgico bebé de 14 meses llegó a aporrear un tambor, actividad normalmente reservada a los adultos. El bebé tenía perfecto derecho a asistir a la audiencia mientras no molestase a nadie. En aquella ocasión los jueces se detuvieron, prestaron atención al ritmo, le sugirieron algunos cambios, le felicitaron por ser un gran chico y sólo entonces aconsejaron a la niñera que lo sacara para dejar que el tribunal reflexionase.

A medida que los niños crecen y aprenden las técnicas de la sociedad utilizan estos conocimientos de acuerdo con las personas que les rodean. De este modo aprenden a cavar los campos, a machacar grano en el mortero, a levantar cargas pesadas o a transportar mercancías en una cadena de montaje, mediante ritmos sincronizados que les relacionan con sus compañeros de trabajo. A los 12 años alcanzan una completa coordinación que les permite desarrollar todos los ritmos físicos que utilizarán durante los siguientes 50 años o más. Toda nuestra vida adulta es rítmica, y en el momento en que se pierde el ritmo se producen la enfermedad y los trastornos. Los ritmos son la base de toda interrelación social normal y se aprenden temprano, por lo general a la edad de cuatro o cinco años. Aunque los ritmos adultos no hayan surgido aún, estos ritmos sociales básicos nos convierten, tanto como la propia lengua, en miembros permanentes de nuestra cultura.

Las variaciones en el espectro de los ritmos corporales reflejan los modos en que puede organizarse el tiempo, y estas mismas diferencias pueden apreciarse en los matices de la poesía, la danza y la música. La poesía puede considerarse una reorganización de los ritmos del discurso en tal forma que son realzados el sonido y el significado. Sin cambiar las palabras, el poeta las ordena de un modo tal que surgen patrones regulares.

Las distintas lenguas se prestan a distintos patrones silábicos y rítmicos. El pentámetro yámbico clásico inglés consta de cinco «pies», compuesto cada uno de una sílaba inacentuada seguida de otra acentuada. El alejandrino francés tiene seis pies yámbicos, ordenados de tal manera que tras el tercer pie viene una pausa natural, de modo que resulta casi imposible escribir alejandrinos en inglés. El japonés, que carece de acento tónico y utiliza el tono para dicha función gramatical, tiene más en cuenta el número de sílabas que el de acentos. El verso «libre» tal vez carezca de regularidad formal y de rima, pero, sin



embargo, siendo bueno, depende aún más del metro y del ritmo que el propio verso rítmico.

El prosista se ajusta al ritmo tanto como el poeta, pero, dado que la prosa no tiene un patrón tan claro como el verso, no posee la misma capacidad de realzar el significado. Sin embargo, tanto la poesía como la prosa dependen de los ritmos del lenguaje hablado, aunque el ritmo de la prosa es más sutil y está sometido a menos restricciones. Una de las características de la prosa mediocre es el lenguaje forzado. En cualquier discurso político o conferencia buenos, los ritmos se hallan controlados y fluyen con agilidad, permitiendo alcanzar el climax sin aparente esfuerzo por parte del orador.

El lenguaje escrito consiste más bien en una congelación del discurso, percibido más por la vista que por el oído. Las personas que no leen bien «traducen» las palabras al estilo hablado «adecuado» y mueven los labios. Incluso un lector rápido «oye» las palabras a un cierto nivel, aunque lea más rápido de lo que uno pueda hablar, y la vista puede captar las arritmias del lenguaje con la misma facilidad que el oído. La técnica de escribir prosa de lectura fácil depende menos del vocabulario de la estructura sintáctica que del dominio del ritmo, de modo que la buena literatura está asociada con los ritmos de la voz humana, del mismo modo que los movimientos rítmicos del niño.

El ritmo es sólo un elemento de la música, pero es el que la une de forma más directa al cuerpo humano. La música «calma los ánimos más alterados» precisamente porque proporciona el marcapasos al que se acoplan los ritmos. Puede constituir también una experiencia emocional o intelectual. El hecho de que la música tranquilice o excite depende en parte de su relación con los ritmos corporales. Mucha gente observa que al escuchar música somete cualquier otra actividad a la que esté dedicándose al ritmo musical. Otros aspectos como la escala, la melodía o el timbre no trascienden tanto las barreras culturales como el ritmo. Algunos europeos son incapaces de escuchar las complicadas piezas polirrítmicas de la música africana, pero resulta más fácil seguir el ritmo de una música extranjera que su melodía. La forma de percibir la música difiere de una cultura a otra, y algunos idiomas no poseen el término «música», presente en todas las lenguas indoeuropeas. A cambio tienen una plétora de palabras que designan tipos de canciones e instrumentos.

El efecto emocional de la música está directamente ligado a su relación con los ritmos corporales. El ritmo más normal es de 80 a 90 pulsaciones por minuto, y una cifra mayor o menor es síntoma de algún tipo de tensión interna. Mucha gente reacciona de un modo violento tanto ante ritmos «artificiales» como experimentales al oírlos por vez primera. Fue esto, y no tan sólo las armonías no tradicionales y la danza poco convencional, lo que produjo la escandalosa reacción del público la noche del estreno del ballet *La consagración de la primavera*, de Stravinsky. Los ritmos musicales que hoy apreciamos con toda naturalidad resultaban entonces extraños y perturbadores. La reacción espontánea del público no fue de desagrado sino de ira. Reacciones similares tienen las personas mayores ante el rock duro. Lo que les angustia, aparte del volumen, son las agotadoras pulsaciones del ritmo. Sutil desde luego no es, pero puede ser un sonido coordinado, si no se queda uno sordo en el empeño. Sin embargo, algunos jóvenes afirman que el



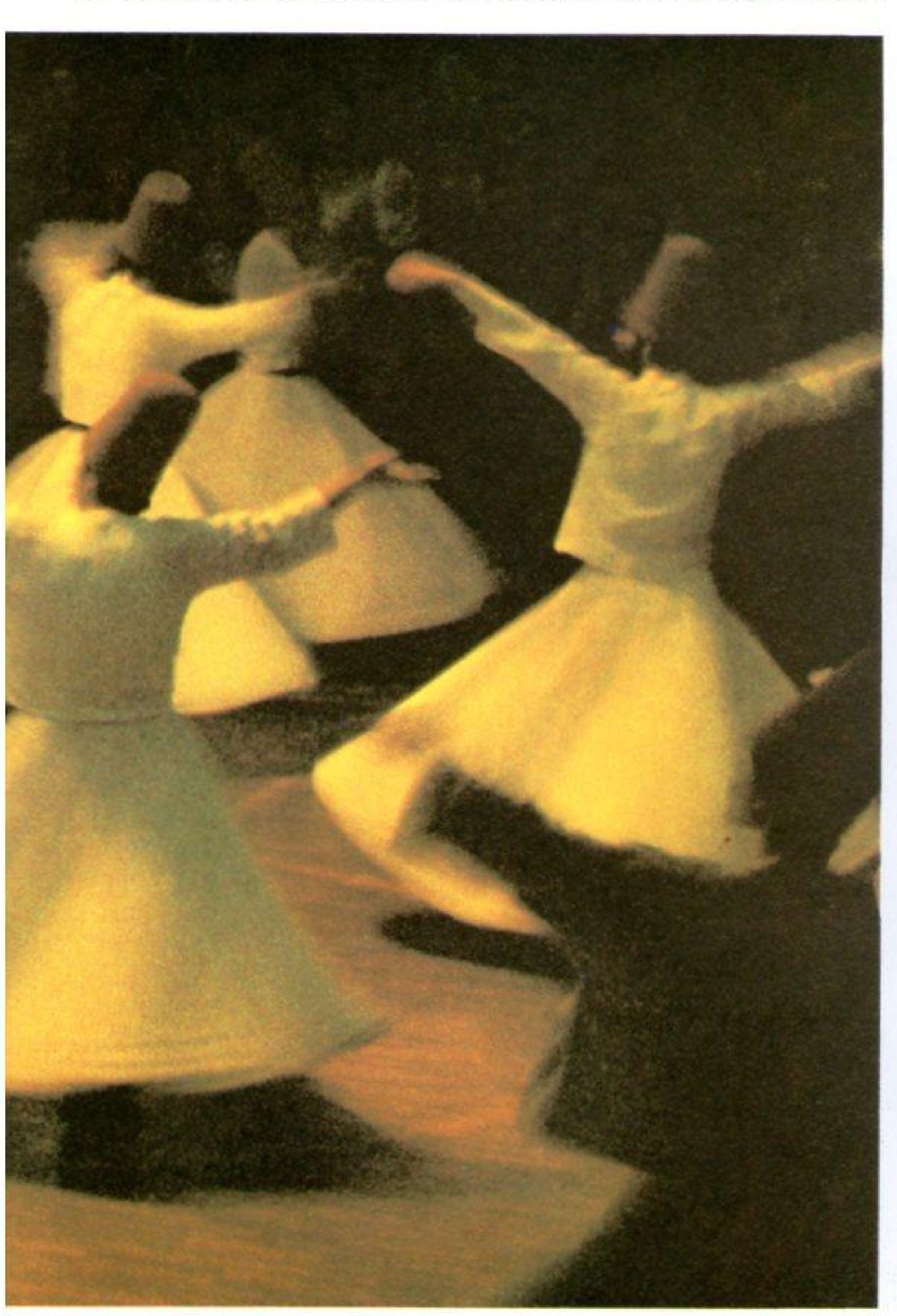
objetivo del volumen de los decibelios es producir la vibración de las membranas del cuerpo, al compás del ritmo.

La coreografía de la danza utiliza los movimientos naturales, de la misma manera en que la poesía emplea el lenguaje natural. Sin embargo, estos movimientos se exageran y, sobre todo, lo más importante es que el paso cambia. La alteración del paso natural —generalmente retrasándolo— y a menudo la simplificación de los ritmos naturales en un patrón totalmente abierto constituyen las características básicas de cualquier tipo de baile. Al contemplar a una primera bailarina nos maravillamos ante su rapidez de movimientos, pero lo que resulta una experiencia asombrosa es verla levantar y plegar la pierna en un *développé*. El milagro no es sólo la capacidad de hacerlo, sino la de ejecutar el paso con semejante lentitud, gracia y agilidad de movimientos.

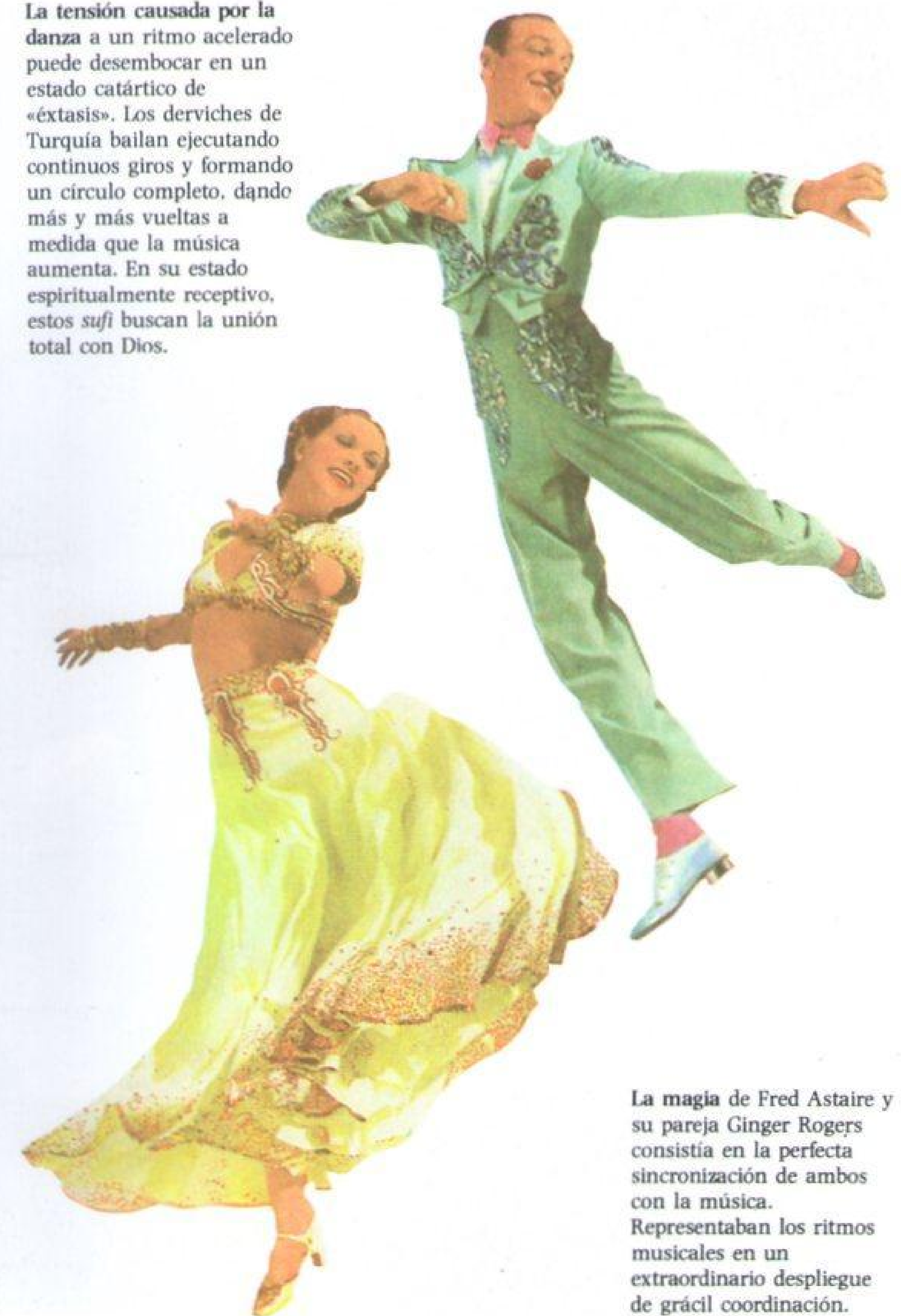
Las danzas africanas e indonesias muestran la naturaleza de la danza como experiencia total. La danza y la música africanas están basadas en la polirritmia, y el principal instrumento de la orquesta es el tambor. Normalmente un tambor grande de sonido grave lleva el ritmo central mientras que unos doce tambores más pequeños componen distintos redobles. El conjunto forma un patrón que se repite tras un cierto número de «compases», pero cada tambor interviene en un momento distinto y a menudo con diferente ritmo. En la mayoría de las regiones de Africa los gongs de mano y las campanas de hierro se suman a los tambores, mientras que los caramillos (de la familia del oboe) y las flautas llevan la melodía.

Los bailarines africanos utilizan todos los ritmos de la orquesta. Una parte del cuerpo —generalmente los pies, pero a menudo también el tronco— mantiene el compás central, mientras que los hombros se encargan del «contrapunto», así como los brazos y las rodillas. La cabeza se mueve al ritmo de los gongs y las campanillas. A veces un grupo de personas bailando en círculo alrededor de la orquesta evoluciona al unísono, efectuando los mismos pasos y dando una asombrosa sensación de unidad, pero en otros casos la danza consiste en el uso individual y creativo de los ritmos, intentando armonizarlos con los ritmos de los tambores en un impresionante y agradable conjunto. Los mejores bailarines son aquellos que consiguen expresar con su cuerpo todos los ritmos de la orquesta de un modo ágil y gracioso. El resultado es una mezcla de rapidez y sutileza, pero es necesario que el público entienda el proceso para llegar a valorar la técnica.

El *gamelan*, la orquesta de Balí y Java, se basa también en los instrumentos de percusión, aunque incorporando flautas y algunos instrumentos de cuerda. Los instrumentos se acoplan por pares, siendo uno de los miembros del par el que hace eco del otro. El par central se llama macho y hembra (una división similar se da también en gran parte de Africa), y difieren ligeramente en cuanto al tono, tocándolos de modo que se creen ritmos entrelazados y suene como si se tratase de un solo tambor. Los dos instrumentistas controlan el tempo. El principal instrumento melódico es el metalófono, similar al xilófono, pero con barras metálicas en vez de madera. El primer metalófono es el que lleva la melodía y puede influir sobre el ritmo convirtiéndose también en marcapasos, sobre todo si los tambores macho y hembra se hallan en silencio. El segundo se afina a un cuarto de tono del primero, y se toca



La tensión causada por la danza a un ritmo acelerado puede desembocar en un estado catártico de «éxtasis». Los derviches de Turquía bailan ejecutando continuos giros y formando un círculo completo, dando más y más vueltas a medida que la música aumenta. En su estado espiritualmente receptivo, estos *sufi* buscan la unión total con Dios.



La magia de Fred Astaire y su pareja Ginger Rogers consistía en la perfecta sincronización de ambos con la música. Representaban los ritmos musicales en un extraordinario despliegue de grácil coordinación.

una fracción de segundo después. De este modo, cada nota constituye un canto de respuesta, estableciendo una reverberación —de vibraciones rítmicas— y haciendo más complejos los ritmos de los tambores.

Los timbaleros intervienen entonces para subrayar y matizar el sonido de los tambores, produciendo como resultado una música que utiliza el contrapunto, la melodía y el ritmo. El *gamelan* se sitúa aproximadamente en un cuadrado, y los ritmos hacen eco de un lado a otro y diagonalmente de esquina a esquina, de modo que toda la zona reverbera. El conjunto se completa con pequeños instrumentos rápidos, que emiten como en cascada las «partes floridas», dando colorido y convirtiendo a la música balinesa en algo inconfundible al oído.

La música balinesa de danza es para muchos la más vibrante del mundo y las bailarinas se cuentan entre las más airosas. Los movimientos de las bailarinas de Balí y Java, en los que los hombros se agitan al compás de los tambores y la cabeza y el cuello se mueven con ondulaciones sinuosas, son cuidadosamente controlados y cada uno tiene un significado tradicional, generalmente ligado a mitos religiosos y leyendas. De modo que la bailarina no sólo unifica el ritmo y el movimiento, sino también la religión, la historia y la literatura de su pueblo. Las bailarinas reciben un aprendizaje por parte de expertas instructoras, generalmente bailarinas ya retiradas. Alumna y profesora mantienen una relación de intenso contacto físico, de modo que la alumna siente y capte el ritmo mediante un proceso de acoplamiento.

Aunque la esencia de una cultura se encuentra en su música y su danza, ambas manifestaciones se hallan directamente vinculadas con los rituales religiosos. Ted Shawn, el bailarín americano de las décadas de 1920 y 1930, era un estudioso de las formas y estilos de danza de todo el mundo. Su idea al respecto era: «No puedo imaginar a Dios sin ritmos, sin gracia, sin manifestaciones inteligentes o sin la posesión de infinitas formas de belleza mediante las cuales expresar su infinito Ser Rítmico.»

No es casualidad ni tampoco un sentimiento profano el que la danza y la religión se hayan asociado desde las primeras relaciones del hombre con los dioses sobrenaturales. La danza se encuentra en la base de la religión por su capacidad de liberar nuestra conciencia de los ritmos, entrelazarlos y aminorarlos hasta que queden sometidos al control consciente. La música, dimensión siempre de la danza, también entronca con las vivencias religiosas. El ritmo cósmico está representado por los tambores, el espíritu humano por los instrumentos de viento y la creatividad manual y mental del hombre por los intrumentos de cuerda. El conjunto de la danza representa la capacidad humana de controlar los movimientos y de expresar los sentimientos.

Mediante su inextricable vínculo con la música, la danza enlaza los ritmos corporales con los ritmos del medio ambiente y, finalmente, con los cósmicos y celestiales. Las sensaciones físicas que resultan de controlar la coordinación del cuerpo son de lo más estimulante, de modo que no es de extrañar que en muchas eras y culturas se haya considerado a la danza como el medio básico de comunicación con el mundo espiritual. Tampoco debe sorprendernos el hecho de que en muchas religiones se conciba a los dioses que controlan el universo como bailarines, o que se tenga la creencia de que el cuerpo se convierte mediante la danza en un receptáculo de Dios.



En las ceremonias de curación africanas, el profundo ritmo de redoble de los tambores y el mágico sonido de los cantos rítmicos se consideran las fuerzas que expulsan a los espíritus del mal sanando las enfermedades.

Los mineros zulúes de Sudáfrica representan el ritual de danza guerrera de sus antepasados, *izquierda.* Los frenéticos saltos y bailes rítmicos aumentaban la excitación de los guerreros haciéndoles sentir el ansia de la batalla.

Los musulmanes expresan su sumisión a Dios inclinándose para rezar cinco veces al día. Al amanecer, mediodía, media tarde, anochecer y después de anochecer, se quitan los zapatos y, de cara a la Meca, rinden humilde homenaje a Alá.

El yoga, una forma de danza estática, está basado en la respiración, siendo de esta función de la que uno se conciencia primero, a medida que se prepara para asimilar las posturas. Entonces se concentra la mente asociándola con el cuerpo, retrasando y haciendo más profunda la respiración y tomando conciencia de las pulsaciones del corazón. A medida que actúa la concentración, el índice cardíaco disminuye, los hombros se relajan, así como el resto del cuerpo, excepto aquellos músculos que mantienen el cuerpo en una determinada posición. Con una mente relajada se consigue entonces utilizar el cerebro para controlar los ritmos internos, de manera que el yoga se convierte en un modo espiritual e intelectual de unión íntima con los ritmos de la vida.

Las religiones orientales arraigadas, sobre todo el budismo, reaccionan de forma muy intensa ante los ritmos simplificados y ordenados en el cuerpo y en la mente. Muchas de estas religiones utilizan el mantra o «instrumento de pensamiento» como rezo o conjuro sagrado para conseguir una «autoconcentración» rítmica. El mantra es personal y representa normalmente el regalo de un maestro; se repite una y otra vez con un ritmo sencillo. Uno de los objetivos de esta práctica monótona y monorrítmica es desligar el yo de los ritmos alterados de la vida cotidiana. Con el mantra se toma conciencia de los ritmos del propio cuerpo, ligeramente distintos de los de cualquier otra persona.

En la meditación, el objetivo consiste en mantener el cuerpo descansado y la mente relajada y despierta. En las religiones orientales el estado mental de meditación se considera esencial para restablecer contacto con los ritmos del universo, es decir con Dios. Las técnicas occidentales de meditación han perdido el elemento religioso, pero utilizan los mismos métodos para contrarrestar la tensión y conseguir la paz de espíritu. El estado de meditación tiene una cierta semejanza con el estado de hipnosis. Durante la meditación, los ritmos eléctricos del cerebro se hacen más regulares, el índice cardíaco disminuye y la temperatura cutánea desciende, aunque el meditador percibe conscientemente el mundo que le rodea. En hipnosis se dan los mismos cambios físicos, pero el estado mental difiere bastante del de la meditación, ya que la conciencia y la memoria se ven alteradas de un modo drástico.

El trance tiene efectos opuestos a los de la meditación, y puede ir acompañado por un aumento de rapidez en los ritmos del cuerpo. La sensación de éxtasis tiene a veces la apariencia de vivencia religiosa, y se asocia históricamente con las profecías. La práctica de la profecía durante un trance extático o hipnótico todavía se lleva a cabo en el norte y el oeste de Africa. Los espíritus o *bori* penetran en o «se apoderan» de los sacerdotes, permitiéndoles vaticinar o adivinar la causa de la enfermedad. Ante la insistencia de algunos oficiales islámicos, los *bori* fueron condenados en el oeste de Africa durante la era colonial, pero continuaron apareciendo los bailarines *bori*, pues se atribuía a sus adivinaciones para determinar las causas de la enfermedad un poder muy superior al de las técnicas médicas modernas y tradicionales. Dichas causas se relacionan especialmente con las sociales deterioradas, por lo que, además de curar enfermedades físicas individuales, las sesiones de los *bori* durante las que se convoca a los espíritus remedian también los traumas sociales.

La profecía, la música y la danza ocupan todas su lugar en la Biblia, el libro que narra la historia del pueblo judío y constituye la piedra



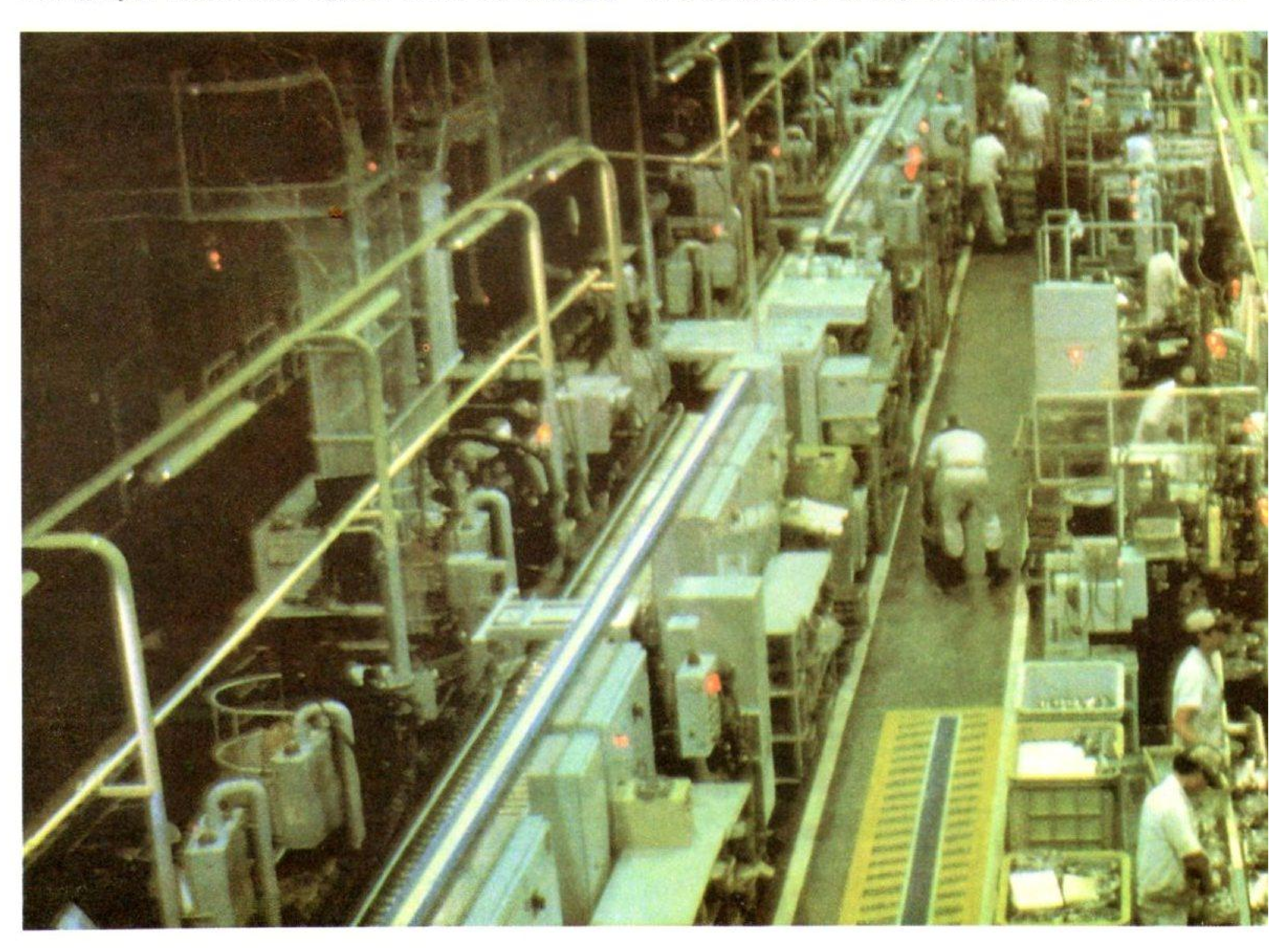
angular de la fe cristiana. El rey David y los israelitas, por ejemplo, bailaron de un modo despreocupado ante el Arca de Dios y las palabras hebreas que describían el acontecimiento pueden traducirse por danzas, saltos y vueltas. Entre las danzas religiosas, una de las mejor documentadas y estudiadas es la de los «bailarines del diablo», de Sri Lanka. En la zona de Kandy los oficiantes religiosos bailan hasta ser poseídos por espíritus, a los que los primeros cristianos (misioneros) llamaron demonios. Una vez dentro de los bailarines, estos espíritus tienen la capacidad de apartar las enfermedades, de manera que al tiempo que el espíritu sale del sacerdote el mal sale del enfermo.

La práctica religiosa de acoplamiento con los ritmos del universo puede invertir los términos, de modo que, a través de la religión, la humanidad asuma una responsabilidad reguladora. Como resultado, muchas sociedades del mundo piensan que si no practican ciertos rituales determinados no se sucederán las estaciones, ni madurarán las cosechas, ni lloverá. Si nuestra cultura nos lo permite, podemos pues utilizar nuestros ritmos corporales para responsabilizarnos de los ritmos del medio ambiente. En algunas religiones son el ritual y la danza los que actúan como reguladores. El problema con este tipo de dogmas es que tiene que existir siempre una «excusa» para justificar el fallo. En la mayor parte de los casos las «excusas» son que los ejecutores no ocultaron los tabúes, fueron inexactos en el ritual o actuaban como intermediarios inconscientes de brujas y espíritus del mal.

Aunque la armonía rítmica es la esencia de la paz interior, cualquier trabajo humano se ejecuta más fácilmente y con mejores resultados si se lo acompasa a un elemento regulador rítmico. Los cazadores y cosecheros toman sus ritmos económicos básicos de los animales que cazan y de los alimentos que cosechan. Cuanto más se adapten los cazadores a los ritmos de sus presas, mejores serán los resultados, ya que para obtener éxito el cazador debe observar a la presa y planear su acción en concordancia. No es de extrañar que los animales de caza fueran adorados por los primeros cazadores, ya que los hombres creían convertirse en el animal al planear su actuación para matarlo. Asimismo, existe una interdependencia entre la supervivencia del cazador y la presa, dado que si se produce un exceso de caza el animal se extingue, lo que le añade un significado religioso.

El ganadero o el vaquero también acoplan sus ritmos a los de los animales, pero durante un período de tiempo más largo. Los vaqueros africanos mantienen un continuo contacto con el ganado, imitando sus movimientos y ritmos en las danzas. También el granjero sincroniza sus ritmos diarios, estacionales y anuales a los del mundo vivo, pero resulta mucho más difícil acoplarse a los ritmos de una planta que a los de un animal, ya que los alicientes psicológicos del éxito pueden no aparecer hasta después de un año o más. Sin embargo, esta sincronización es esencial para la subsistencia del granjero e incluso hoy es lo que proporciona al jardinero su «buena mano» para las plantas.

Con la llegada de la revolución industrial, iniciada en Europa en el siglo XIX, la unión rítmica del hombre con el medio ambiente cambió. En lugar de acoplar sus ritmos a otros organismos vivos el trabajador se vio obligado a ajustar los ritmos de su cuerpo a las máquinas, y su rutina diaria a la cadena de montaje. La sincronización de los trabajadores de las fábricas con las máquinas impuso la supresión de los ritmos



humanos en favor de la mecanización. El cuerpo humano estaba conformado de tal modo durante siglos de evolución que pudiese detectar y relacionarse con los cambios del ambiente. Las exigencias cambiaron a partir de los primeros contactos con el mundo de las máquinas, y la repetición de movimientos idénticos a una velocidad rápida se convirtió en un imperativo del trabajo.

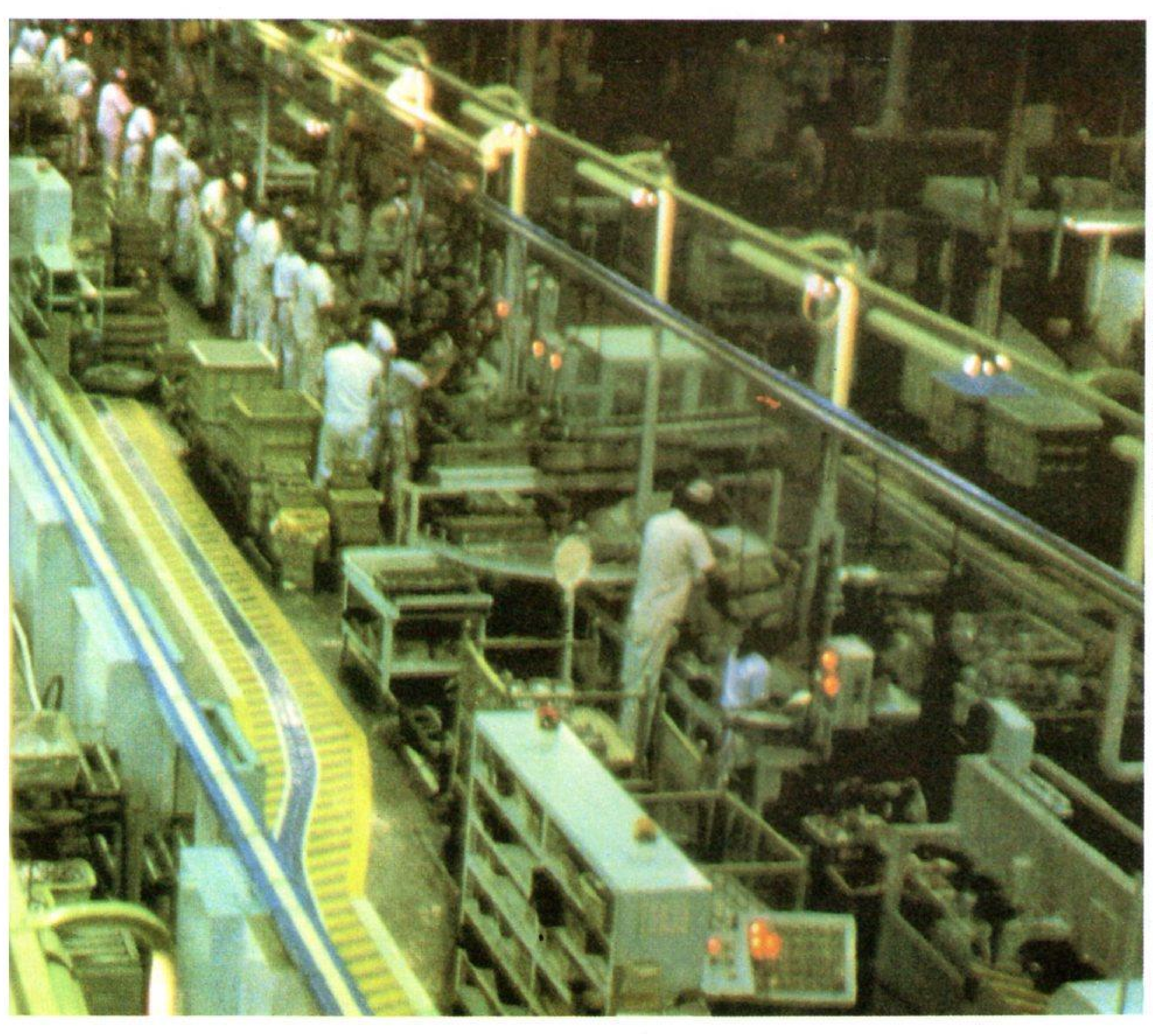
La máquina del cuerpo humano encuentra difícil mantener un movimiento repetitivo con un ritmo monótono; su conformación se adapta mejor a la variedad de tareas con ritmos más complejos. Cuando una persona trabaja con una máquina es la persona la que realiza la adaptación, de manera que el trabajo en una cadena de montaje resulta mecánico y monótono. La falta de sincronización entre los ritmos humanos y mecánicos fue hábilmente caricaturizada por Charlie Chaplin en la película *Tiempos modernos:* sus músculos continuaban tensos cuando ya el trabajo se había acabado, mientras que sus ritmos corporales enloquecían cuando se aceleraba la cadena de montaje.

La máquina es el marcapasos al que se acopla el trabajador, pero cada una tiene su propio ritmo, haciendo aún más agotadores los ritmos industriales. Las máquinas de escribir de una oficina son aparatos rítmicos. Una mecanógrafa con ritmo regular y seguro no sólo escribe a mayor velocidad, sino que comete menos errores que una con un ritmo irregular. El ritmo de la escritura cambia también con el contenido, lo que explica que copiar a mecanografía, tarea que exige menos concentración, resulte más rítmico que componer un texto directamente sobre el teclado. Lo mismo que con la lectura, al vacilar en el ritmo, las palabras pueden escribirse en un orden incorrecto.

Cientos de máquinas de las que utilizamos a diario exigen atención y adaptación rítmicas: máquinas de coser, procesadoras de alimentos, máquinas agrícolas, todas requieren la integración de los ritmos del hombre con los de la máquina y puede ocasionarse una catástrofe al mínimo descuido. De todas las máquinas de fabricación humana, una de las más rítmicas es el martillo neumático. Es imposible controlar sus ritmos, teniendo que participar en ellos si se quiere sacar rendimiento de la máquina. El martillo neumático sacude el cuerpo humano integrándolo en su propio ritmo que se deja sentir horas después en los músculos de los brazos y de las manos.

Además de los ritmos de las máquinas, la sociedad humana impone también a los trabajadores un ritmo diurno de once a siete que se opone al ritmo diurno del cambio estacional. La mayor parte de los ritmos industriales no se alteran con las estaciones, y el inflexible reloj ha sustituido al compás marcado por el año. El tiempo fuera de la fábrica o de la oficina no modifica las cosas ante la rigurosa observación del horario, pese a las inclemencias de una tormenta de nieve o un huracán. Sea cual fuere el tiempo, el plazo de producción no varía. En muchas industrias el trabajo se organiza en turnos ignorando los ritmos corporales circadianos de 24 horas. Aun así, para los «aves nocturnas» puede resultar ideal trabajar en un turno de noche, mientras que para la mayoría de nosotros representaría un ajuste de varias semanas.

A medida que los procesos industriales se automatizan y los trabajadores se dedican más a la industria de reparación que a la de fabricación, el ritmo de trabajo cambia. En comparación con nuestros padres o abuelos tenemos ahora más libertad para elegir las horas de



Desde la revolución industrial, el hombre ha tenido que someter sus propios ritmos a los ritmos dominantes de las máquinas. En una cadena de montaje cada trabajador tiene que adoptar el ritmo de la máquina para mantener un compás regular y efectivo. Mientras que manejar una guadaña o un hacha de un modo rítmico resulta menos cansado, la monotonía de una fábrica puede resultar agotadora. La música puede aplacar la fatiga aumentando el entusiasmo, y por tanto el ritmo de trabajo de quienes desempeñan tareas mecánicas, pero la inexactitud resultante puede acarrear cierta ineficacia.

trabajo, de manera que no hay que desarrollar repeticiones tan agotadoras. Las horas de trabajo escalonadas nos permiten acoplar la vida profesional al resto de nuestro mundo y, así, el ritmo resulta más cómodo. Además, los innovadores han empezado a tener en cuenta la capacidad humana al diseñar máquinas o aparatos mecánicos. El trabajo de controlador aéreo en un aeropuerto moderno ejemplifica bien todo esto. Dado que el mínimo error puede ocasionar la muerte a cientos de personas, los ritmos del controlador tienen que estar correctamente ajustados a su equipo, y su trabajo debe planearse con todo cuidado de modo que produzca el máximo rendimiento.

La música se utiliza a veces para proporcionar un sedante a los trabajadores. Las salomas se empleaban para facilitar a los marineros la tarea de aparejar el barco, y para los campesinos y pueblos tribales, cantar y trabajar al ritmo de la canción aligera la carga creando una especie de ritmo comunitario. Incluso en oficinas y fábricas modernas el hilo musical, mitad melodía, mitad ritmo suave, proporciona un fondo y aumenta el rendimiento. Incluso sin música, los trabajadores se acoplan generalmente a un ritmo. Los de un buen cocinero o los de los cortadores de caña son un grandioso espectáculo para la vista. Uno de los ritmos más hermosos es el de una tripulación de 16 pescadores africanos dirigiendo una canoa entre los arrecifes, al adoptar unos los ritmos de los otros y acoplarse a los patrones cambiantes del mar.

Una vez fuera del trabajo, los hombres y mujeres se refugian en sus casas. Para proporcionarse un alojamiento digno, las personas de diferentes culturas construyen casas de todo tipo. Estas viviendas, que pueden ser grandes o pequeñas, rectangulares o redondas, con pocas y grandes habitaciones o con muchas pequeñas, albergan a veces a una pareja y a sus hijos, otras veces a grupos de hermanos con todos sus hijos, y otras a todos los miembros de varias generaciones. Estos diferentes tipos de hogar imponen diferentes ritmos a la gente que los habita. Cada casa tiene una rutina cotidiana, que cambia los fines de semana, o los días de fiesta o en vacaciones, creando un ritmo semanal, mientras que el ciclo de las estaciones da la pauta a los ritmos anuales.

La división del trabajo entre los miembros de la familia ocurre en todo el mundo. Se necesita una atenta coordinación para que todas las tareas se aúnen y la vida familiar transcurra de un modo tranquilo. Los ritmos y las tareas en sí mismas cambian de una cultura a otra, pero el resultado es siempre una especie de coreografía familiar que, si funciona bien, puede resultar hermosa y gratificante.

Casi todos los miembros de una familia cumplen un horario fuera de la casa, saliendo a trabajar, al colegio, a participar en actividades de la comunidad, o a practicar un deporte o diversión. Dichos horarios deben combinarse con los de cada uno de los demás miembros. La coordinación de estas idas y venidas requiere una cierta dedicación si se quieren mantener los ánimos tranquilos y que los ritmos no se alteren.

En las familias de clase media tradicionales de Occidente, el marido o el padre es el único que trabaja, lo que significa que deja la casa cinco días o más a la semana. Por ese tiempo, y durante un período que depende de los condicionamientos culturales, se entrega a otra actividad, quizá solo, pero más probablemente con un grupo de personas que no tienen contacto alguno con los miembros de su familia. Sus actividades están dirigidas a conseguir objetivos bastante diferentes a los «familia-



res», pero en el fondo se da cuenta de que uno de los intereses profesionales es el mantenimiento económico de su familia. En el mundo occidental aumenta progresivamente el número de esposas, madres e hijos adultos solteros que trabajan fuera de casa. Los niños van al colegio o a la guardería, y así se crea el ritmo familiar básico.

Existen en este ciclo dos puntos a los que tienen que adaptarse los ritmos personales: la partida y el retorno. Del mismo modo en que el coche se adapta al ritmo del tráfico de la autopista, los ritmos humanos deben engranarse de manera que las actividades de la casa continúen funcionando hasta que vuelvan a reunirse todos los miembros. Cuando una familia se reúne de nuevo, se requiere inevitablemente un período de reajuste. Por mucho que se haya echado de menos el hogar, al volver a casa se experimenta un problema de retorno.

La mejor manera de investigar el delicado engranaje entre los miembros de la casa es examinar el caso de familias con ritmos poco comunes. Un ejemplo lo constituyen los trabajadores de oleoductos y estaciones de bombeo de las zonas nevadas en el norte de Alaska. En esta región desértica del Artico hay dos personas para cada trabajo. Uno es el «jefe» y dirige el 51 por ciento de cómo se ejecuta la obra. El jefe se desplaza a la plataforma y trabaja durante una semana. Con una superposición de dos horas y media, el jefe y ayudante —y por supuesto todo el equipo— entregan su trabajo antes de volar a su casa de nuevo.

Durante la semana de trabajo, cada persona del equipo tiene una habitación con cama litera y un baño compartido con la persona de la habitación contigua. Cada habitación tiene dos juegos de armarios con pestillo y cajones, que ocupan durante semanas alternadas los miembros de los dos turnos. El trabajo se organiza en base a una jornada de 12 horas, pero el equipo de la dirección hace guardia durante 24 horas. Al final de la semana todos tienen que reincorporarse al mundo familiar, lo que resulta mucho más difícil tras una semana de trabajo. En cierta ocasión, a los diez minutos de que hubiese llegado su padre para pasar la semana en casa, el hijo de ocho años de un trabajador de oleoductos hizo algo que merecía una reprimenda. Los padres se miraron sin moverse. Entonces dijo la madre: «Tú eres su padre, ¿le vas a consentir esto?», a lo que respondió el padre: «¿Quieres que le pegue a los diez minutos de haber llegado?» Los padres comentaron el problema no sólo aquel día sino durante la mayor parte de la semana. Dado que no existían reglas culturales en las que basar su comportamiento, empezaron a crear las suyas propias, resolviendo así su problema de adaptación al retorno.

Los pescadores, marineros y soldados tienen que adaptarse, de un modo similar, a intervalos más largos, así como los hombres que deciden trabajar en comunidades masculinas surgidas en los países del Oriente Medio. Un hombre de negocios acostumbrado a viajar puede experimentar el mismo tipo de problemas que los trabajadores de oleoductos de Alaska, e incluso sentirse un extraño ante su esposa y su familia hasta reajustar sus ritmos a los de sus familiares, en lugar de seguir el ejemplo de sus compañeros de trabajo.

Cada familia tiene también un ritmo a largo plazo. En la sociedad occidental, los recién casados suelen mudarse a otra casa, y si no lo hacen pueden alterar seriamente los ritmos familiares normales. Cuando nace un niño cambian los ritmos de la vida familiar, siendo este

Cualquier trabajador tiene que adaptarse a un ritmo diferente al volver a casa tras una jornada laboral. Los problemas de adaptación aumentan en el caso de los mineros, *izquierda*, y de quienes trabajan en horas antisociales y en condiciones anormales. La comida y la bebida suelen tener para los mineros un carácter prioritario al traspasar el umbral casero, aunque el resto de la familia tenga exigencias físicas y emocionales. Para cualquiera resulta esencial un período de aclimatación, hasta recuperar el ritmo familiar normal, pudiendo incluso desintegrarse las relaciones a falta de tiempo para establecer un ritmo armónico. Pero para la mayoría de las personas, lo mejor del día empieza una vez resueltos los problemas del retorno, y recuperada la rutina del hogar. Este ciclo diario de salir a trabajar y volver a casa, con las presiones implícitas, es rítmico en sí mismo y al verse interrumpido por la jubilación, el desempleo o la enfermedad, e incluso por los fines de semana y las vacaciones, aparece un período de reorientación hasta que vuelve a establecerse el nuevo ritmo.



La alegría y el intenso alivio de volver a casa después de la guerra y reunirse con los seres queridos va inevitablemente seguido de un largo período de reajuste. La ausencia del soldado, junto con sus experiencias que lo aíslan de los demás, dificultan su integración en la familia. Los ritmos del hogar pueden no resultar ya familiares, o, como en el caso del retorno de un viaje revelador, puede encontrarlos demasiado familiares, lentos o monótonos. Ya sienta al principio un instinto de rebelión contra los ritmos establecidos por el resto de la familia o intente conscientemen'e la integración, tanto el «que regresa» como su familia necesitarán un tiempo para recuperar la sincronía. Durante su ausencia, los hijos pueden haber dejado el hogar, creando un nuevo patrón al que tendrá que adaptarse, o la familia se habrá reafirmado en su ciclo diario de actividad que tendrá que acoplar a las diferentes necesidades del que vuelve a casa.

cambio más notable si la madre deja de trabajar fuera de casa ante su llegada. Al nacer otros hijos se producen nuevos cambios, así como ocurre cuando van al colegio o al convertirse en adolescentes. En cada ocasión, los ritmos internos de la familia tienen que adaptarse a los cambios de las idas y venidas de sus miembros. Cuando los hijos dejan el hogar los ritmos se «calman» hasta la jubilación de los padres. La desolación de quedar viudo o viuda no sólo consiste en la pérdida del ser querido, sino también en el hecho de verse privado de la sincronía con otro ritmo humano.

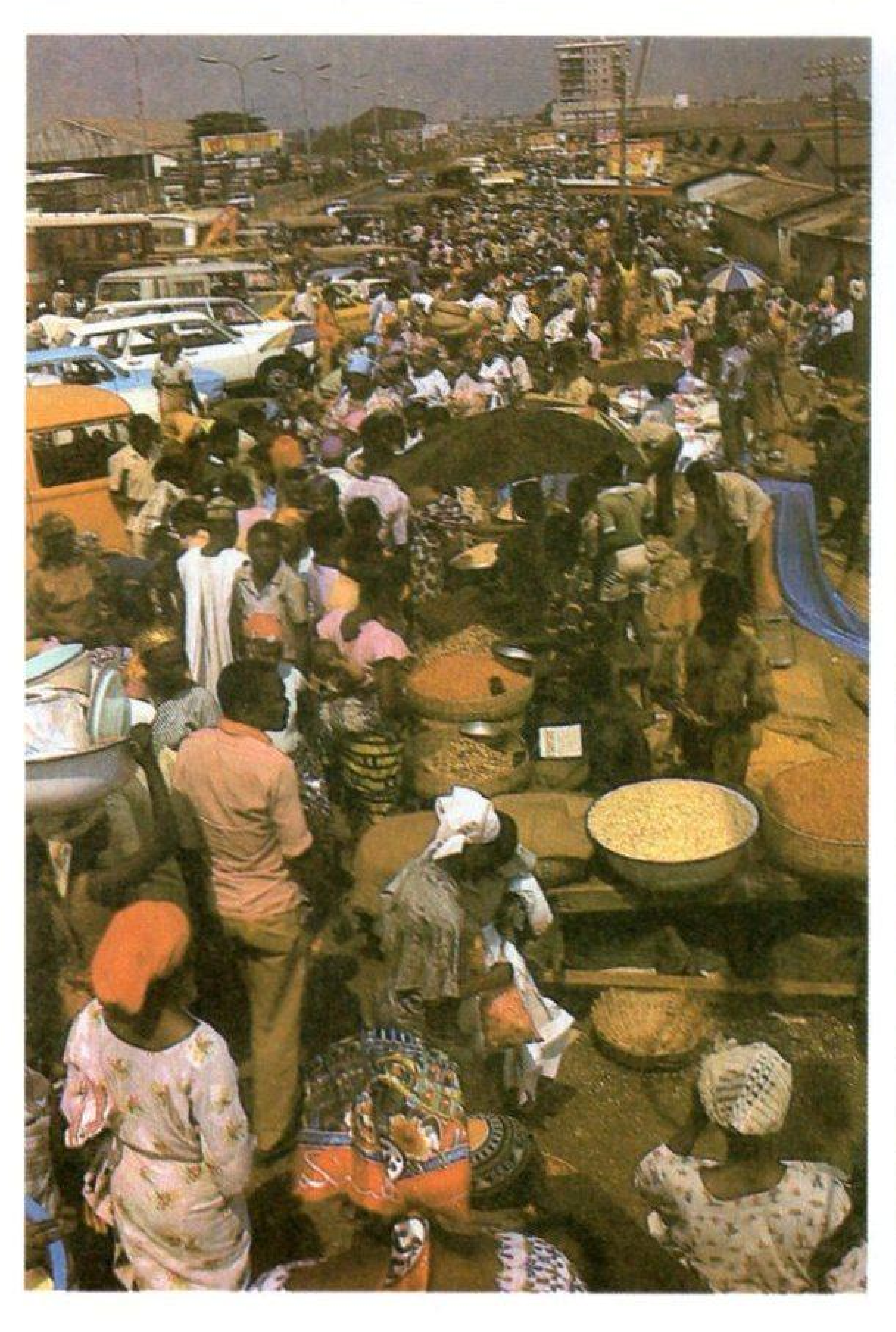
En muchas sociedades africanas o asiáticas de familias numerosas, polígamas o compuestas por miembros de varias generaciones, el ritmo familiar se ve menos alterado por las idas y venidas que en núcleos más reducidos. Incluso en Occidente estas idas y venidas parecen afectar en mayor grado a las familias de pocos miembros. Paradójicamente, en familias numerosas y tolerantes resulta más fácil la sincronización de actividades que en un núcleo familiar pequeño e indisoluble.

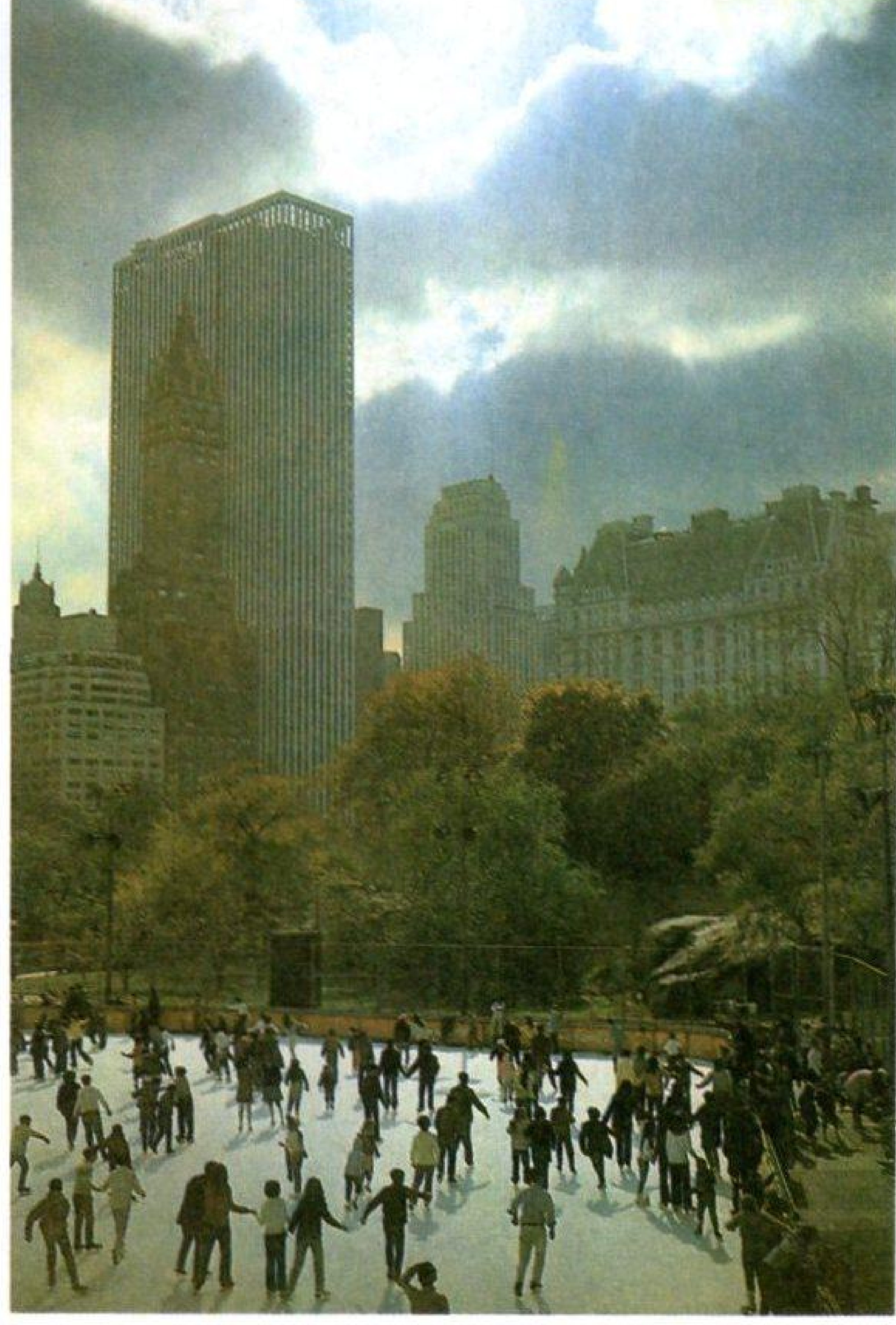
La familia es el núcleo básico de la comunidad, pero las relaciones humanas implican también la creación de vínculos con otros miembros de nuestra especie. Y así como los individuos que los componen, cualquier grupo humano tiene sus propios ritmos. Para que un grupo se una, los ritmos de sus componentes han de armonizar unos con otros. El antropólogo Edward T. Hall anota, en su obra *Más allá de la cultura*, que, estando en cierta ocasión en un café al aire libre en la isla griega de Mykonos, se fijó en un grupo de jóvenes que aparentemente escuchaban música rock en un transistor portátil. Al observarlos con más atención llegó a la conclusión de que aquellos jóvenes no estaban realmente «escuchando» la música, sino utilizando su ritmo como sinusoide para sincronizar sus movimientos y reforzar el sentimiento de grupo y los vínculos existentes entre ellos.

Un alumno de este antropólogo hizo en cierta ocasión una película de niños en un campo de juegos. A medida que estudiaba la película, variaba la velocidad de paso de la misma por una moviola, aparato que permite pasar una película a cualquier velocidad deteniéndose en cualquier escena. Poco a poco advirtió que en aquel campo de juegos tenía lugar un ritmo complejo, con una «armonía» y un «líder». El líder era un niño de gran actividad que recorría enormes distancias, mezclando sus movimientos con los de otros grupos. Hall llamó a aquel niño el «director de orquesta del ritmo del campo de juegos».

Con ayuda de músicos amigos aquel alumno encontró una melodía rock que se ajustaba al ritmo de juego de los niños. En el momento en que se añadió música a la película de cuatro minutos y medio se pudo observar un claro patrón rítmico. La pregunta de todo el mundo era la siguiente: «¿Cómo conseguiste que los niños actuasen al ritmo de la música?» Parte de los espectadores se negaban a creer que la música se hubiese incorporado después de haber rodado la película, sintiéndose fascinados por la «música» compuesta por los niños al jugar.

De modo similar, cualquiera que viaje de una ciudad a otra se da cuenta de los cambios que tiene que llevar a cabo en sus ritmos de movimiento si quiere acoplarse al ritmo de la gente que le rodea. El ritmo de algunas ciudades, como Nueva York, es rápido y acelerado. El de Londres es algo más tranquilo, aunque también puede clasificarse dentro de los rápidos. Para observar un ritmo tranquilo hay que





desplazarse a ciudades como Abidjan, al oeste de Africa. Algunas ciudades tienen ritmos mixtos: Los Angeles, por ejemplo, tiene un ritmo rápido en las autopistas, pero lento en el centro de la ciudad. Existen muchos y complejos ritmos internos que cambian según la hora, cuando la gente cumple su rutina diaria del trabajo, la comida y la vuelta a casa. También hay en las ciudades zonas de gran actividad durante el día y completamente muertas por la noche, mientras que otras calles sin vida durante el día cobran animación al caer la noche. Incluso los ritmos de la vecindad cambian de una calle a otra y de una manzana a otra. Muchos de estos ritmos fascinantes pueden pronosticarse con exactitud como las actividades diarias y anuales de animales y plantas, aunque el tema continúe en gran medida inexplorado.

A un paso mucho más lento, los ritmos de actividad y cambio a largo plazo dejan una huella indeleble en el desarrollo, crecimiento y ocaso de los vecindarios. El vínculo de estos ritmos de desarrollo con la historia de una determinada ciudad es totalmente secundario. Una vez construida una zona parece lógico que no se reconstruya hasta que no esté «en ruinas».

Los ritmos de cualquier comunidad están basados en las actividades de sus miembros, en sus objetivos, sus profesiones y los condicionamientos culturales que les imponen un enfoque vital. Los ritmos de sus componentes son parte integrante de la vida de una ciudad, y estos ritmos cambian con el tiempo. Las alteraciones dependen no sólo de la edad, sino también de la salud, el trabajo, la vida familiar y otros muchos estímulos externos a los que se ajustan los ritmos.

De acuerdo con los cambios que se producen en sus habitantes, los ritmos de la ciudad sufren también modificaciones. Estableciendo un paralelismo, los ritmos de desarrollo, decadencia y renovación de una ciudad y los ritmos de la edad, salud y trabajo de sus habitantes forman una especie de infraestructura. Es precisamente el ambiente de esta infraestructura, determinado tanto por los ritmos de los ladrillos y argamasa como por los de los seres vivos, el que nos atrae a un determinado barrio más que a otro, influyendo así sobre el lugar donde se vive, se juega y, en menor grado, se trabaja.

La combinación de ritmos culturales dentro de un territorio crea un número de hábitats o nichos en una ciudad. El nicho es el lugar en el que un grupo o un miembro de ese grupo encuentra una seguridad, una alimentación cubierta y una serie de servicios que le permiten satisfacer sus necesidades sociales. La supervivencia de una población depende —al menos en parte— de la capacidad —o suerte— de sus miembros para encontrar un nicho en el que prosperar.

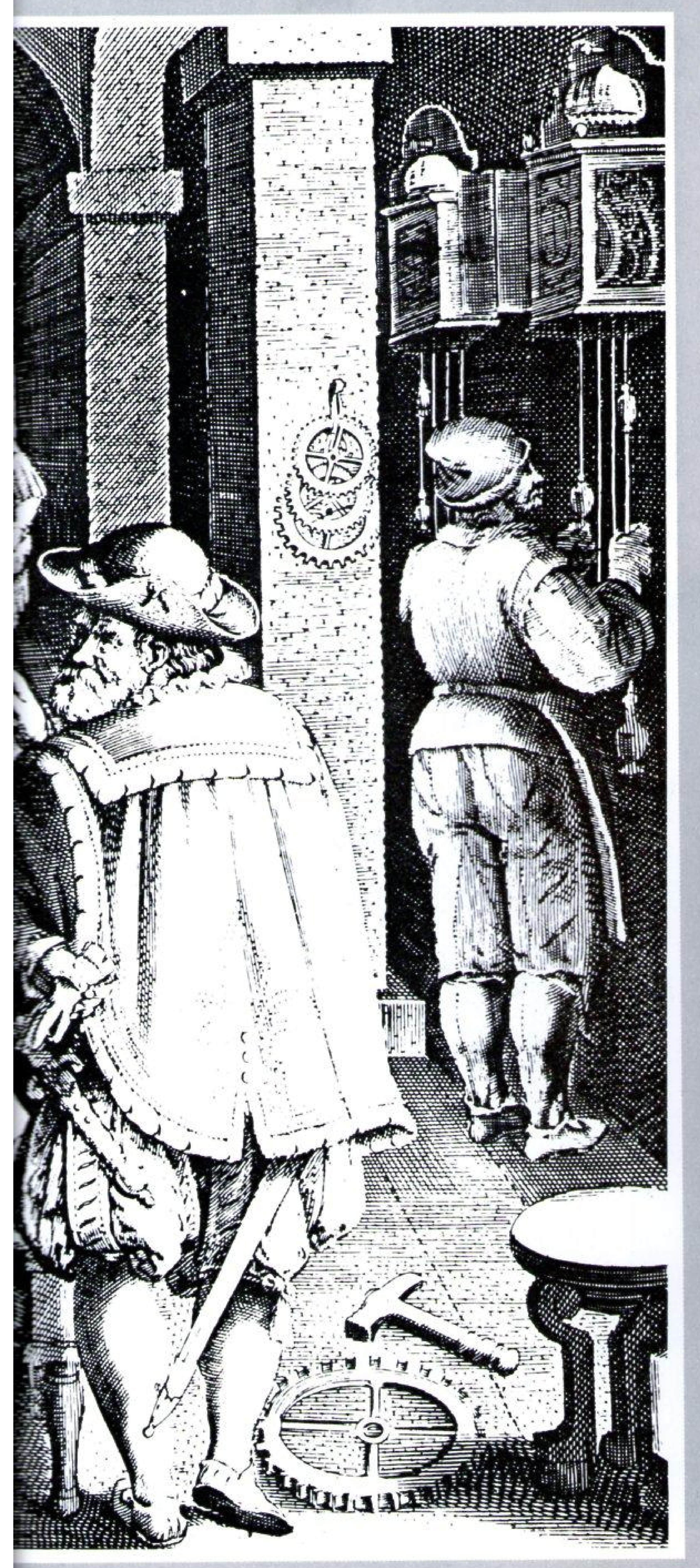
Nuestros ritmos corporales y culturales, y los de nuestra ciudad, combinados, nos dan una configuración propia, al tiempo que nosotros damos origen también a nuestros ritmos. Puede pensarse que nuestros propios métodos de interacción y comunicación son universales, lo que dista mucho de ser verdad. Una de las razones por las que nos sentimos desfasados y en desacuerdo con personas de otras culturas es porque ignoramos las diferencias de nuestros ritmos básicos, aprendidos desde niños y adoptados como normales. El imperativo rítmico es la esencia de la vida, la salud y la armonía, y la clave para el bienestar del hombre es alcanzar la sincronía al compás de los ritmos del ambiente y de las personas que nos rodean.

El mercado, cada cuatro o cinco días en muchas sociedades africanas, *extremo izquierda*, divide el tiempo en un ritmo semanal. Más que un lugar de reunión para asuntos sociales y de negocios, el mercado representa un punto focal para cada uno de los miembros de la comunidad. En sociedades occidentales los fines de semana y las vacaciones constituyen puntos focales similares, *izquierda*, a diferencia de lo que ocurre en días laborables. Los días festivos, las fiestas religiosas, las vacaciones escolares y de verano representan una placentera división del ciclo anual.



Las autopistas no sólo reflejan el ritmo creciente de la sociedad moderna, sino que aumentan el desarrollo de las grandes ciudades de todo el mundo. La «modernización» regenera lentamente los vecindarios decadentes, los nuevos ritmos reemplazan a los antiguos, y las zonas en expansión se codean con otras mortecinas. Por su naturaleza misma, la ciudad abarca muchos y diversos ritmos. Los sectores comercial, artístico, industrial, residencial y municipal tienen cada uno su propio compás y viven a distintas horas del día y de la semana.





Los ritmos del tiempo

Ya en una época remota, anterior a los primeros documentos históricos, el hombre percibía que el tiempo transcurre conforme a un ritmo cíclico, de día en día y de año en año. Según se ha ido desarrollando la civilización ha crecido el deseo de nombrar y medir los ciclos naturales del tiempo, y con el aumento de la complejidad social, estas cuentas y mediciones se han ido volviendo cada vez más exactas y necesarias. Los días naturales, los meses y los años han sido definidos estrictamente, y se han visto reforzados por otras medidas, como los segundos, los minutos, las semanas, las décadas y los siglos. Por más que se le hayan añadido elementos artificiales, el ritmo cíclico natural del tiempo se conserva. El transcurrir ininterrumpido de los ciclos del tiempo actúa como un lubricante que mantiene en movimiento a la sociedad moderna. Todos nuestros viajes, reuniones, diversiones, planes y ceremonias se distribuyen y ejecutan con referencia al tiempo.

El más visible de los ciclos naturales del tiempo es el del día y la noche. Al hombre primitivo no le hicieron falta muchas luces para darse cuenta de que debía recoger la comida de día y resguardarse en un lugar cálido y seguro para dormir de noche; si no vivía en los trópicos, podría observar que la duración relativa del día y la noche variaba de acuerdo con un patrón regular, pero esto apenas tuvo importancia hasta después de que se hubo establecido la civilización.

Para las tribus más primitivas el año constituía un ciclo relativamente obvio; al principio no como un número exacto de días, sino en términos del patrón climatológico variable y de la abundancia comparativa de alimentos, tanto animales como vegetales. En las zonas templadas no podían caber dudas sobre el paso regular de las estaciones. Tanto para el observador primitivo como para el que cuenta con ayuda tecnológica, el método más exacto para determinar la duración del año es estudiar el ciclo de la disposición de las estrellas en el cielo. Si, por ejemplo, se aprecia la aparición de una determinada estrella sobre el horizonte inmediatamente antes del amanecer, ha de pasar un año exacto hasta que esa estrella vuelva a elevarse justo antes que el Sol. Precisamente esta aparición heliaca de Sirio o de las Pléyades fue lo que permitió a algunas civilizaciones primitivas calcular la duración del año con un margen de error de un día.

Es fácil observar los meses lunares, que han constituido para muchas tribus y civilizaciones la unidad habitual de medición temporal; cada fase de la Luna daba nombre a una parte del mes. Aunque el ciclo lunar equivale en medida razonable al ciclo menstrual, y es un medio práctico para fijar las fechas de fiestas y ceremonias religiosas, difícilmente encaja en el año solar, y tampoco se relaciona con otros ciclos naturales en igual medida que el día o el año.

Las civilizaciones primitivas dedujeron diversos conceptos del tiempo a partir de los ciclos naturales que percibían. Aprendieron a dividir el día en horas, y a agrupar los días en meses y años. Desde la Alta Edad Media los hombres vienen construyendo relojes mecánicos cada vez más sofisticados, hasta el punto de que hoy la exactitud de estos aparatos es mayor incluso que la de la órbita de la Tierra en torno al Sol. Al aumentar la precisión de la cuenta de los fugaces segundos, el tiempo se ha ido volviendo cada vez más importante, de modo que el hombre del siglo XX depende en enorme medida de los ciclos del tiempo.

En nuestro intento de racionalizar el mundo en que vivimos nos hemos ido alejando de muchos de los ritmos naturales, estacionales y cósmicos. Por ejemplo, nuestras celebraciones de Navidad y Año Nuevo ya no están ligadas al día más corto, sino que corresponden a fechas elegidas artificialmente por ser más adecuadas. Al mismo tiempo, la exactitud cronométrica ha adquirido una importancia exagerada. Al parecer nuestras vidas están tan llenas de cosas que se han convertido en una carrera contra el reloj; cada segundo que pasa constituye una pérdida irreparable.

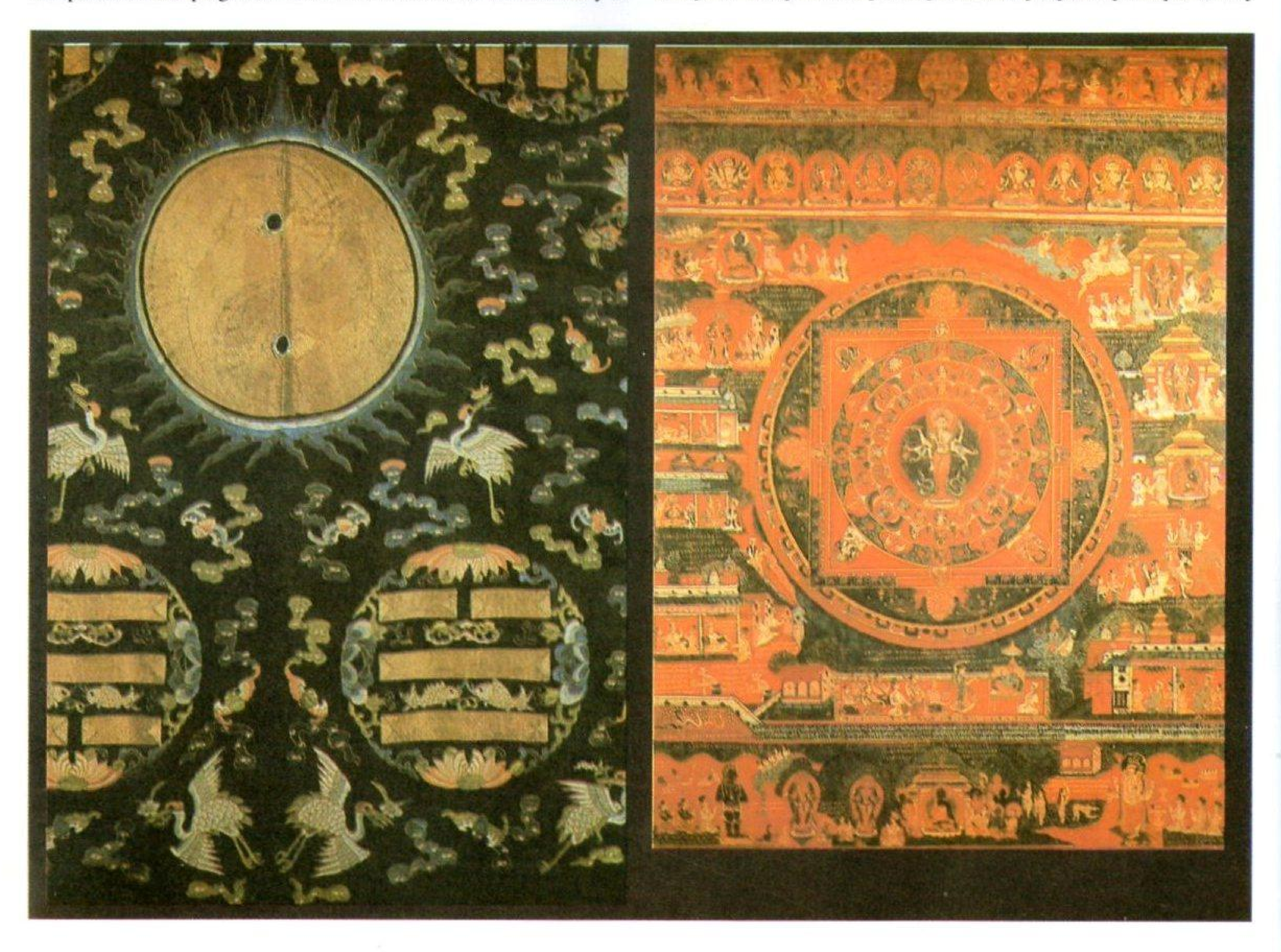
El hombre moderno, gracias a una plétora de aparatos e instrumentos, ha desarrollado una forma sofisticada de calcular el tiempo. No obstante, la evolución del concepto tiempo y la medición del paso de los minutos tienen una larga historia que se remonta a los orígenes del hombre. El concepto más extraordinario de los hasta ahora vigentes es el de los indios hopi de Arizona. A diferencia de nuestro tiempo compartimentado o «diario», los hopi ven el tiempo como un «incuantificable transcurrir». Para ellos el tiempo no es una pérdida sino una ganancia: cada día es como una persona que desapareciese y volviera al amanecer con el mismo aspecto que el día anterior pero un poquito más vieja y más experimentada. En la visión atemporal del mundo de los hopi no existe distinción entre pasado, presente y futuro, sino entre acciones momentáneas, en transcurso o repetidas.

La capacidad de los hopi para describir el universo sin referencia al tiempo ni al espacio no es corriente, pero quizá no sea tan primitiva. Es mucho más verosímil que el sentido temporal de los aborígenes australianos, los cuales identifican el pasado lejano con un «tiempo soñado» y tratan todo lo demás como un presente continuo, lo que se acerca más al concepto primitivo del tiempo. Ciertas tribus africanas y sudamericanas creen en un tiempo oscilante. Se trata de un tiempo que va y viene como un péndulo, lo cual constituye una conclusión obvia, pero simplista, de la observación del día y la noche, el calor y el frío, la sequía y la inundación, la juventud y la vejez, etcétera.

Desde el origen del hombre hasta el siglo XIV, o incluso más tarde, la gente corriente de la mayoría de las sociedades tendía a considerar el tiempo como una progresión cíclica del nacimiento, la madurez y la muerte. Hasta esta época los hombres y mujeres no reparaban en un pasado ni en un futuro que se extendían alejándose de ellos, sobre todo porque apenas se producían cambios en sus vidas de año en año, de generación en generación. La gente recordaría el pasado reciente —el tiempo de su propia niñez o de algún acontecimiento importante— y esperaría un futuro mejor, pero no tendría ningún sentido temporal más definido. No había pues muchas razones que les empujaran a intentar medir el tiempo en su propio interés.

Cualquiera que fuese la teoría, el hombre comenzó a contar los días principalmente por motivos religiosos. Quienes dirigían las instituciones religiosas del pueblo tenían buenos motivos para dividir los días y llevar la cuenta de los años. Las versiones religiosas oficiales sobre la naturaleza del tiempo variaban según las religiones. Para los griegos, lo mismo que para la mayoría de las religiones orientales, el tiempo era cíclico o, en palabras de Aristóteles, «se piensa que el tiempo en sí mismo es un círculo». Esta visión se derivó probablemente de la observación de ritmos cíclicos en la disposición de los astros en el firmamento, y en las estaciones. La idea del tiempo cíclico se manifiesta en la mitología griega en Oceanus que era, según Homero, una «inmensa corriente» que rodeaba la Tierra, y que se replegaba y crecía dos veces al día. Otro personaje cronológico de la mitología griega era la serpiente que se mordía la cola, la cual rodeaba el universo y tenía sobre su espalda el zodíaco cíclico.

La idea del tiempo cíclico está muy ligada en la fe budista a la idea de la reencarnación continua en eterna rotación. Este concepto del tiempo es tranquilizante psicológicamente, porque implica que no hay



muerte del cuerpo ni del universo. En la antigua India se creía que el propio tiempo discurría en ciclos inmensos, cada uno de los cuales duraba 1.080.000 años. Cuatro de tales ciclos representaban un ciclo todavía mayor de destrucción y nueva creación, que comenzaba con una Edad de Oro para declinar y disolverse y ser sucedida por otras tras 4.320.000 años. Los antiguos chinos tenían también un modelo circular del tiempo, más positivo, que incluía el ciclo de los años con nombres de animales que persiste hoy en día —el año de la rata, el año del tigre, etcétera. En contraste con este concepto cíclico del tiempo, los aztecas creían que el tiempo era una progresión lineal constante. El tiempo lineal es también uno de los dogmas de la fe cristiana, que traza la progresión continua de la humanidad desde la caída en el Jardín del Edén hasta el día del Juicio Final. El símbolo tradicional de este concepto es el de un «arroyo en perpetuo fluir».

La mayoría de las religiones contiene elementos propios tanto del tiempo lineal como del tiempo cíclico y, de hecho, las soluciones prácticas para medir el tiempo surgieron como consecuencia del lazo inextricable entre el tiempo y la religión. En muchas culturas primitivas se celebraban festivales en los equinoccios y solsticios o en algunas otras ocasiones específicas del año. La responsabilidad de calcular el momento exacto concernía a la casta sacerdotal. También era ésta la encargada de delimitar los años, para registrar la duración del reinado de cada monarca o la cronología de determinados acontecimientos importantes, como catástrofes, batallas, eclipses y cosas por el estilo.

El acicate para medir el tiempo no fue siempre la religión; a veces el propósito era simplemente registrar el paso de los años. Un ejemplo sobresaliente de esta forma de calendario es la Larga Cuenta de los mayas y aztecas. Consistía ésta en la cuenta total del número de días transcurridos desde un determinado momento inicial. Para los mayas, tal momento correspondía al año 3113 a.C., aunque la cuenta se inició unos 2.000 años después de esa fecha. Contando en unidades de 20, los mayas se manejaban bien con números que superaban los millones, aunque es probable que hubiera sólo unos pocos sacerdotes que comprendiesen realmente el sistema. La destrucción del imperio maya por parte de los españoles en el siglo XVII supuso el final de la Larga Cuenta.

Aunque el día, el mes y el año eran divisiones naturales del tiempo, a los pueblos de las más antiguas civilizaciones les pareció útil dividir el día en horas y el mes en semanas. La justificación de la semana —un período cíclico de unos pocos días— era tanto religiosa como comercial. Los sacerdotes de múltiples religiones coincidían en afirmar que uno de cada «x» días debería reservarse a los oficios religiosos y a la oración, libre de la rutina laboral. También se propagó mucho la costumbre, que nada tenía que ver con religiones ni culturas, de que en un determinado día las gentes de las zonas limítrofes se reunieran a medio camino en un lugar convenido, para vender, comprar y trocar mercancías, acuerdo que resultaba ventajoso a vendedores y compradores. Así se originaron el Sabbath y el día de mercado, y su periodicidad definió la semana. Esta no había de tener necesariamente 7 días —aunque el siete era un número esotérico corriente y de gran relevancia, relacionado probablemente con los siete planetas conocidos. Han existido semanas de cuatro a diez días, pero siete constituye un compromiso razonable que

Los taoístas de la antigua China creían que el tiempo consistía en ciclos repetidos. La sotana de raso del sacerdote, *extremo izquierda*, simboliza la creencia taoísta. La Perla Originaria crea los ritmos cósmicos del yin, fuerza femenina receptora que da forma real a la materia, y el yang, fuerza creadora masculina que actúa en combinación con el tiempo y con el yin, originando la vida y sus ciclos. El yin terrenal representado por el fénix, y el yang celestial, simbolizado por dragones y nubes, aluden a las regulares fluctuaciones entre noche y día, negativo y positivo, femenino y masculino.

La búsqueda por parte de los budistas de una identificación con el universo y de una reencarnación a través de un ciclo de vidas concuerda con su idea de que el tiempo transcurre en largos ciclos o yugas, de 1.080.000 años, agrupados a su vez en ciclos repetitivos más amplios, de 4 yugas, que decaen desde la Edad de Oro hasta la disolución. Buda aparece en el centro, en la pintura nepalesa de la izquierda.



La muerte de Cristo, representada en *El descendimiento*, de Giotto, *derecha*, introdujo el concepto de tiempo eterno y lineal y el sistema actual de fechas.

se viene usando en Europa desde la época de los romanos, y es lo que se acepta hoy en día universalmente.

Durante miles de años, las horas fueron un concepto mucho más fluido que actualmente. Se han usado —de forma primitiva al menos— desde el 2.500 a.C., pero hasta el siglo XIV no fueron más que un medio adecuado de dividir el período de luz variable del día. Algunos pueblos dividían el total del tiempo de luz en seis partes iguales; otros, en 12. A la latitud de Gran Bretaña las horas de luz pueden ser hasta 16 en verano y sólo 8 en invierno; aun así, el día se dividía siempre en 12 partes iguales, sin importar la estación. Esas divisiones temporales de duración variable se conocían tradicionalmente como horas, pero hoy se las llama horas «temporales».

Nosotros aceptamos sin reservas ciertas convenciones referentes al modo en que se divide el tiempo, por ejemplo que cada nuevo día comienza a medianoche, y cada nuevo año unos 10 días después del solsticio de invierno. En las sociedades más antiguas, sin embargo, las convenciones eran diferentes de las actuales. El día solía empezar al amanecer, pero, según una práctica común todavía hoy entre los astrónomos, a veces empezaba en el cenit del Sol. En la antigua Grecia, en Israel y en Italia hasta el Renacimiento se tomaba el crepúsculo como inicio del nuevo día; los judíos practicantes se adhieren aún a este principio. Los meses se han contado tradicionalmente de Luna nueva en Luna nueva o de Luna llena en Luna llena, y no según nuestro sistema más artificial. El término del año ha correspondido a diferentes momentos según las diferentes sociedades, habiéndose vinculado al celo de determinados animales, o a uno de los solsticios o de los equinocios. O puede que no se establezca relación ninguna entre la duración del año y las estaciones, y aquél concluya al término de 12 meses lunares.

Las civilizaciones primitivas desarrollaron diversos sistemas para llevar la cuenta de las horas. La mayoría eran inexactos comparados con los actuales, pero algunos eran muy ingeniosos. El más antiguo y obvio consistía en servirse del Sol para medir la longitud variable de las sombras proyectadas. El reloj de Sol fue desarrollado independientemente por los chinos antes del 2500 a.C., y por egipcios y babilonios antes del 1.000 a.C. Como ocurría con la cuenta de los días, los responsables de esta tarea parecen haber sido los sacerdotes, a quienes probablemente movía el deseo de fijar el momento y la duración de los servicios religiosos. Para finales del siglo IV a.C. los babilonios habían desarrollado una versión mucho más eficaz y compleja del reloj de sol, conocida como hemiciclo. El hemiciclo consistía en un reloj de piedra o madera en el que se perforaba una abertura hemisférica, en cuyo centro había una varilla cuya sombra discurría por el arco. Las horas se grababan en torno a la superficie curva y se indicaban como una serie de arcos con 12 partes cada uno. La duración de estas horas variaba según la estación; se trataba, pues, de horas temporales. Los relojes de sol que marcan la hora exacta, no por medio de la longitud de la sombra, sino por su ángulo, eran muy frecuentes entre los romanos. Las familias acaudaladas tenían uno en el patio de sus casas y los viajeros disponían de modelos portátiles.

Los árabes introdujeron más avances en lo referente a la exactitud, y se servían de sus relojes de sol para fines astronómicos. En cumplimiento de una ordenanza del papa Gregorio I en el 600 d.C., la mayoría de



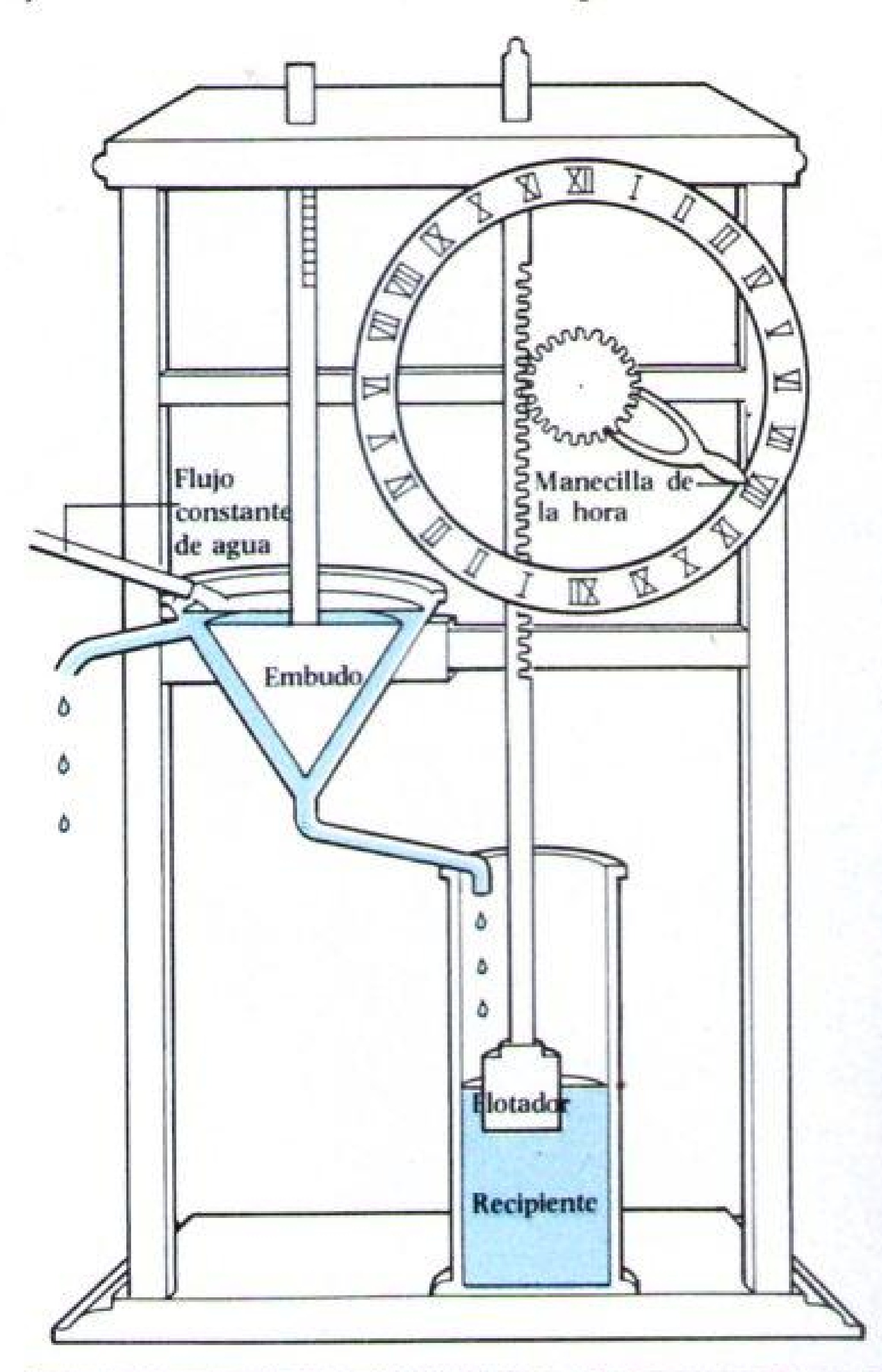
las iglesias cristianas tenían grabado sobre la pared un simple disco. Hasta el siglo XIV todos los relojes de sol medían horas temporales, lo que significaba que las horas que se pasaban trabajando, rezando, etc., fluctuaban según el ritmo anual dictado por el Sol. Sólo cuando en el siglo XIV comenzaron a usarse relojes mecánicos se inscribieron horas iguales en los relojes de sol. Su uso se mantuvo después de 1300, y de hecho su importancia creció, porque durante al menos tres siglos siguieron siendo más exactos que sus sucesores mecánicos, empleándose como parámetro regular del tiempo. Se construyeron muchos tipos diferentes de reloj de sol, la mayoría extraordinariamente exactos —por lo menos a determinada latitud— y algunos bellamente ornamentados.

Incluso las civilizaciones más primitivas apreciaron la necesidad de contar con una alternativa del reloj de sol, es decir un método de cronometraje que funcionara eficazmente en un día nublado o de noche. El primero que se concibió antes del 1400 a.C., y que se empleó por toda la cuenca mediterránea y en China, fue el reloj de agua o clepsidra. En principio el reloj estaba diseñado para producir una elevación o un descenso gradual del nivel del agua, lo que indicaría la hora al cubrir o descubrir unas señales marcadas sobre el recipiente. Esto era un puro símbolo del tiempo lineal, concebido como una corriente que fluye, pero en la práctica resultaba casi imposible mantener un flujo o un goteo constante de agua. La causa residía en que el agua se evaporaba o se helaba, y en que los cambios de su viscosidad (que varía según la temperatura) alteraban la rapidez del flujo. Así pues, los relojes de agua resultaban excesivamente inexactos. Hubieran funcionado mejor si las señales hubiesen respondido a horas estándar, pero en cambio se empleaban horas temporales, para hacerlos compatibles con los relojes de sol. Ello implicaba que había de marcar una serie de escalas diferentes, y por consiguiente necesidad de conocer la fecha, para poder leer la hora correcta, o por lo menos una vaga aproximación.

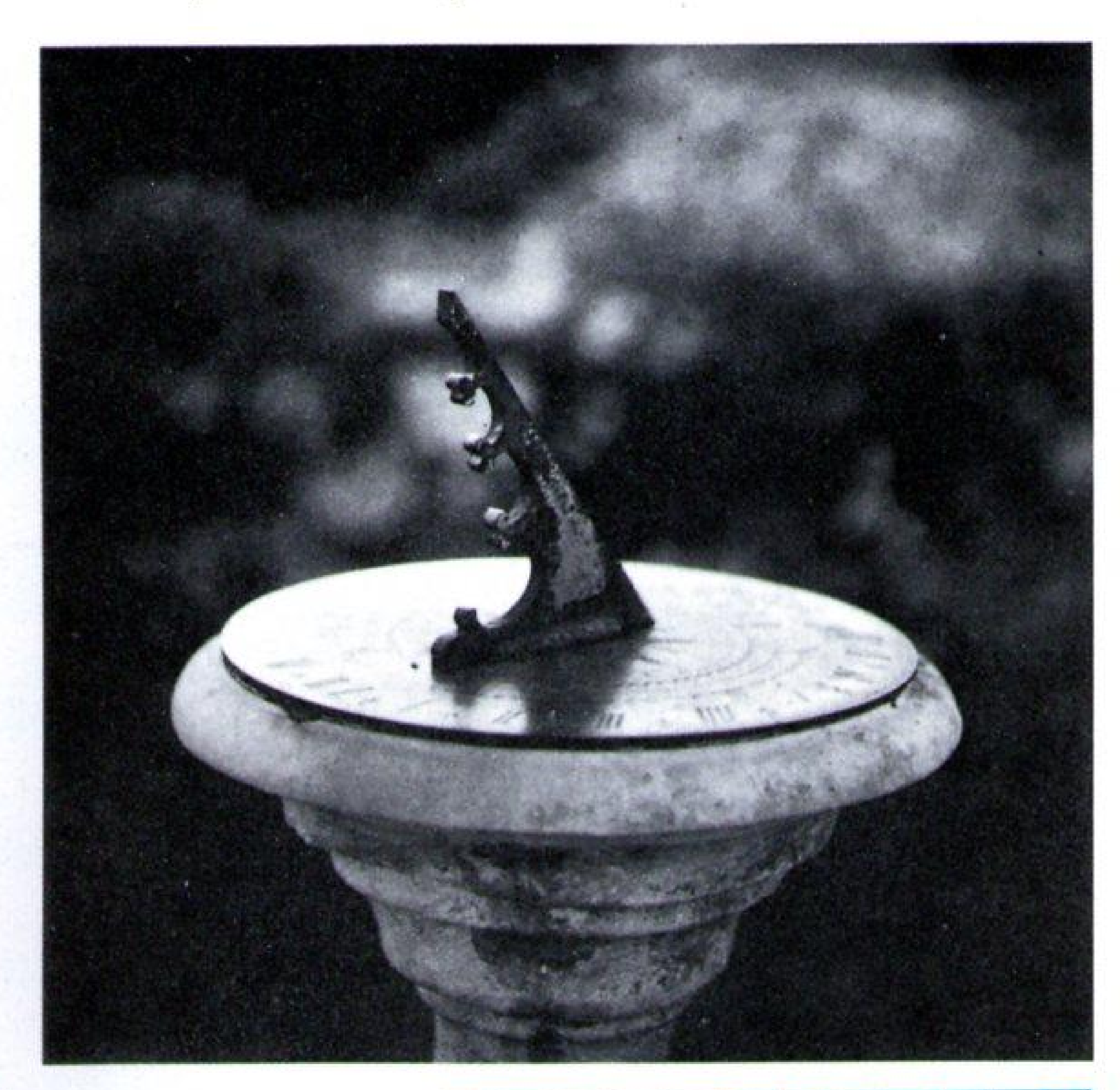
Los griegos y los romanos introdujeron algunas mejoras en la clepsidra, ingeniándoselas para controlar la salida del agua, mejorando así la exactitud. Pero para evitar los problemas de la congelación, la evaporación y la variación de la velocidad del flujo, empezó a usarse el reloj de arena; en éste, el paso del tiempo venía representado por arena en vez de por agua. Los griegos y los romanos poseyeron relojes de este tipo, y aunque éstos desaparecieron por cierto tiempo de Europa durante la Edad Media fueron reinventados en el siglo VIII d.C. Mientras siguieran vigentes las horas temporales se necesitaban relojes de arena diferentes para invierno y verano, debido a que la duración del día es distinta. Durante muchos siglos se siguió usando el reloj de arena de forma regular; su desaparición se debió al reloj mecánico, que era más barato, inicialmente más exacto y, durante unos cuantos siglos, más eficaz durante los temporales en el mar.

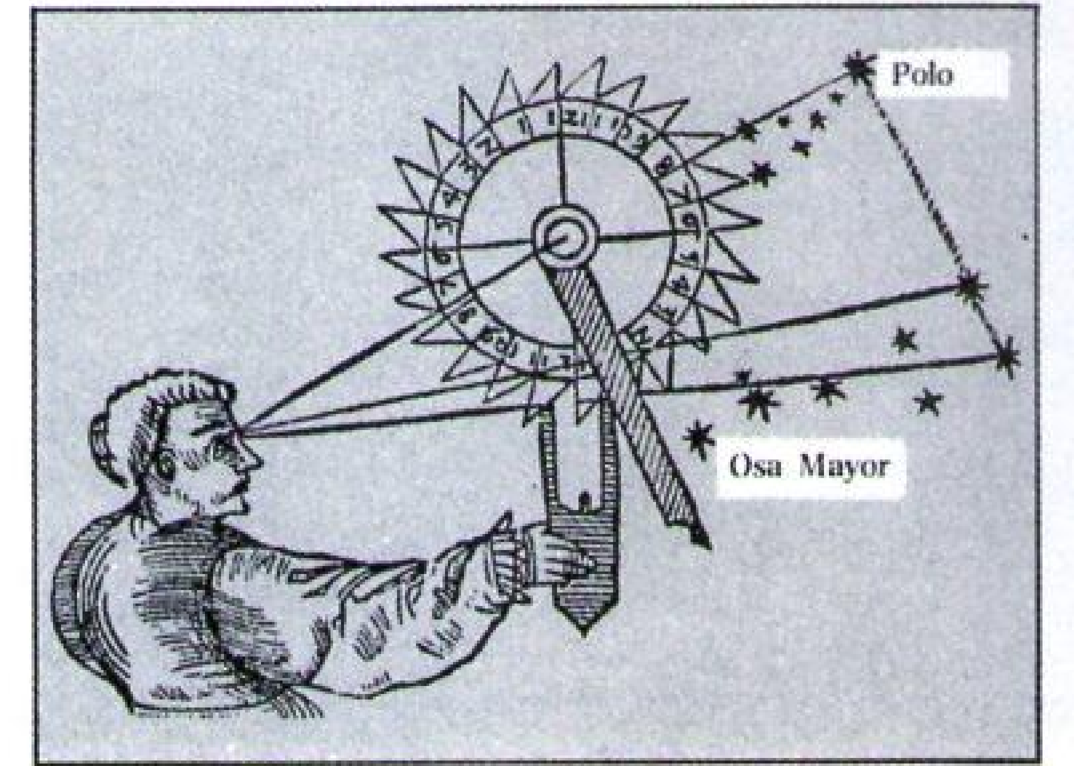
En el transcurso de los siglos se han usado algunos otros sistemas no mecánicos de cronometraje, incluidos los que implican una combustión a velocidad constante, por ejemplo las velas que tienen escalas pintadas sobre la cera. Dado que la velocidad a que arde la vela depende de la corriente ambiental, el resultado era mucho más satisfactorio si se metía la vela marcada dentro de una linterna. En la Edad Media se fabricaba poco cristal, así que las linternas tenían normalmente una

El hombre primitivo averiguaba la época del año a través de las estrellas. La visible aparición y desaparición de las Pléyades, agrupación de siete estrellas claramente apreciables a la vista, se utilizaba a menudo para calcular las épocas de siembra y cosecha. En el sudeste de Asia, las Pléyades aparecen en el horizonte alrededor del 1 de junio, y en su cénit a partir de finales de agosto y mediados de septiembre.

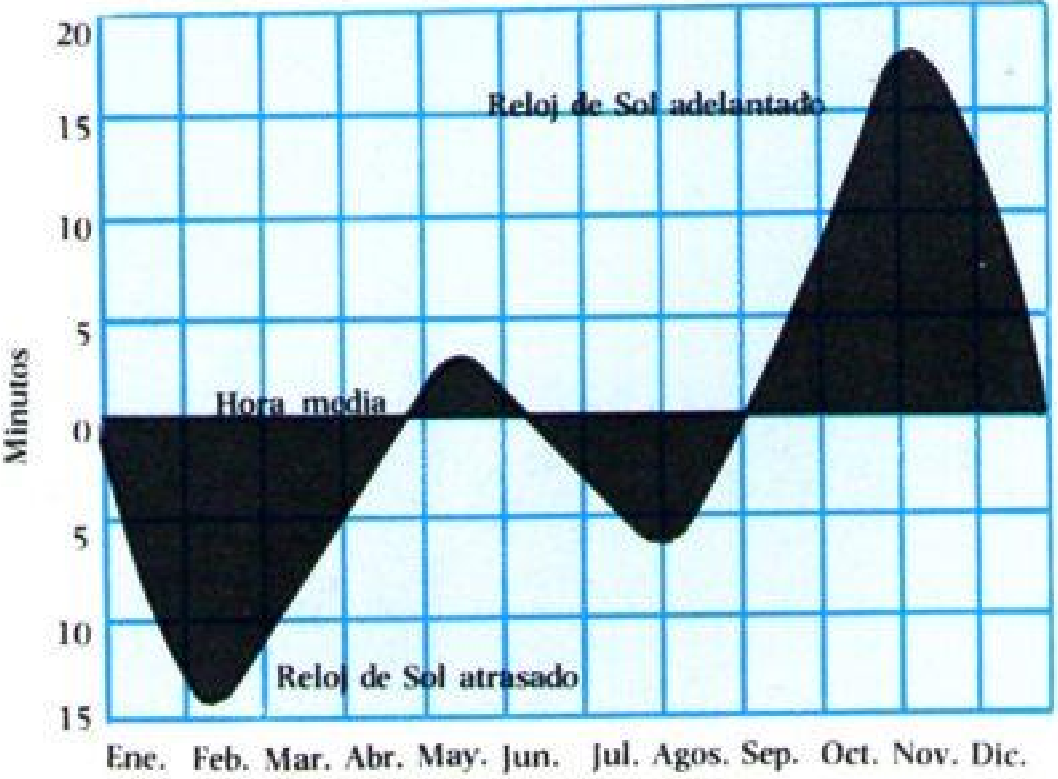


Los relojes de agua utilizados por los antiguos chinos y egipcios fueron perfeccionados por los romanos que añadieron la esfera de 24 horas. A medida que el agua se iba filtrando dentro del recipiente a través del embudo, el flotador subía haciendo girar lentamente la manecilla alrededor de la esfera. Los relojes de agua debían regularse a menudo.





El reloj nocturno, *derecha,* servía para calcular el tiempo durante la noche, a partir de la posición de la Estrella Polar y la Osa Mayor. La placa interna se regula para indicar la fecha, enfocando a través del agujero la Estrella Polar y alineando la aguja con la Osa Mayor. El ángulo formado por la Estrella Polar y las dos estrellas de la Osa Mayor que apuntan siempre hacia ella, indica la hora, con un margen de error de una hora.



En el año 600 a.C., el Papa Gregorio I mandó construir un reloj de sol en todas las iglesias. Dado que la órbita de la Tierra alrededor del Sol no es exactamente circular, la velocidad de su rotación varía, significando la inclinación de 23 1/2 o que la altura del Sol en el cielo cambia con las estaciones. Un día solar varía durante el año, pudiendo llevar el reloj de Sol hasta 15 minutos de adelanto o atraso con respecto a Greenwich.

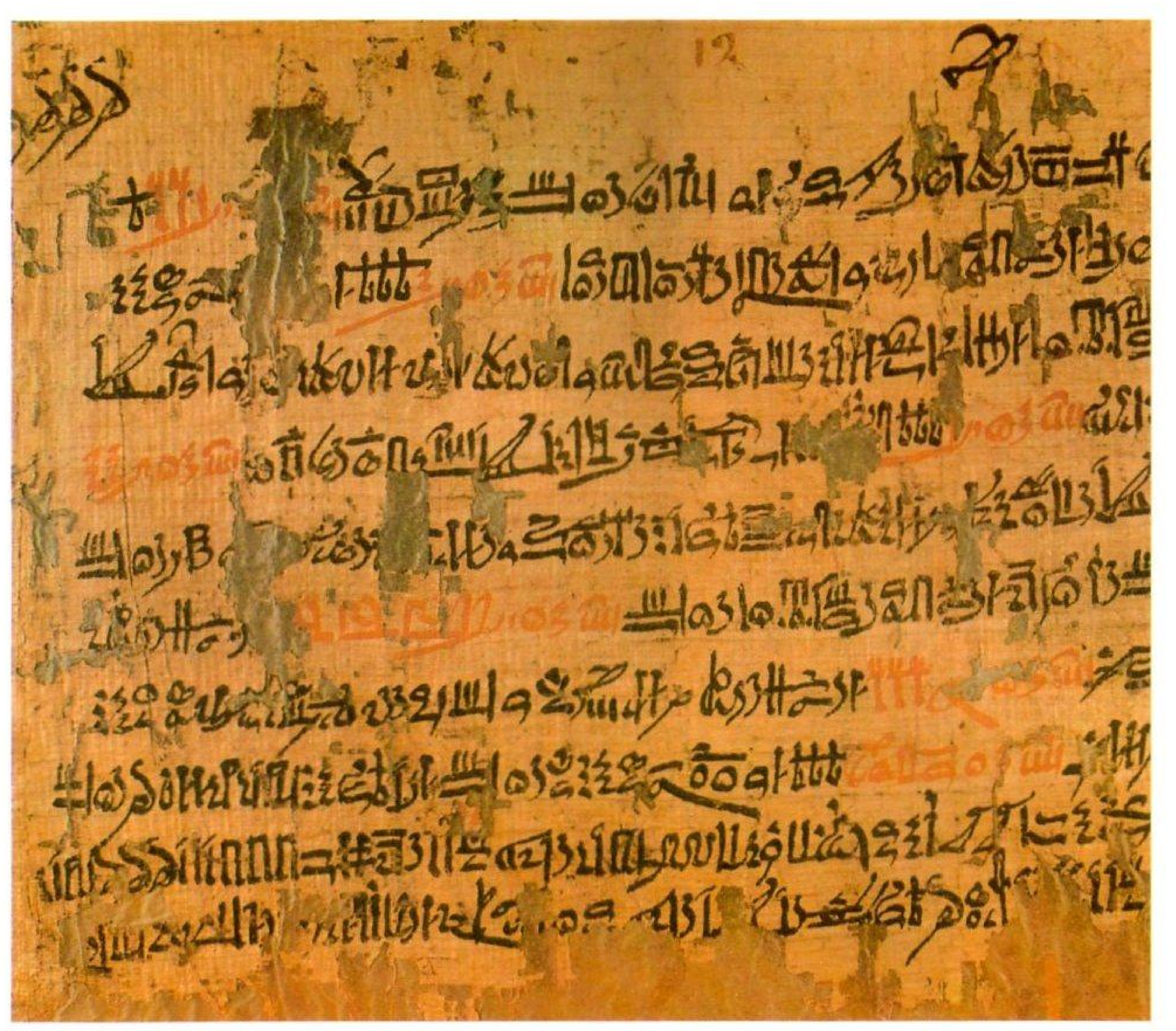
sola cara de «cristal», que en realidad era de cuerno. En China eran más frecuentes las mechas de combustión lenta con unas campanitas incorporadas, que iban cayendo, señalando así cada una de las horas. También se servían de incienso en polvo, que se quemaba en recipientes planos parecidos a escudillas. En Japón, en el siglo XVI, existieron relojes diseñados para que se «oliesen las horas»; se quemaban para ello, uno por uno, pequeños trozos de incienso, cada uno de los cuales desprendía un olor diferente que indicaba la hora.

Un artilugio más tardío, diseñado específicamente para indicar la hora de noche, era el llamado, con toda propiedad, nocturno. Se trataba de un disco grabado, normalmente de latón, con escalas y agujas fijadas en el centro. Si se sabía la fecha y la latitud se podían dirigir las agujas hacia la Estrella Polar y la Osa Mayor; la hora la indicaban las incisiones del aparato.

Mientras que registrar el ritmo de los días y de las horas con una exactitud razonable era tarea relativamente fácil, diseñar un calendario factible era mucho más arduo. A la naturaleza parece no gustarle las cifras redondas, así que mientras que el ritmo de la órbita terrestre es casi constante, su período es muy poco manejable, tanto en términos de días (365,242) como de meses lunares (12,368). Por ello, para diseñar un calendario que siga el paso del movimiento aparente del sol durante cientos de miles de años se requiere una metodología muy elaborada, sobre todo respecto a la observación astronómica. Todas las civilizaciones antiguas lo intentaron, y fallaron en mayor o menor medida. Hasta el siglo XVI no se puso en práctica un sistema que fuera a la par factible y exacto.

Los egipcios fueron probablemente los primeros en fijar un calendario basado en la aparición helíaca de Sirio, la estrella más brillante del firmamento, y aceptaron para el año una duración de 365. Este calendario se usaba para fines civiles, de gobierno y administración; para la agricultura y los asuntos de la vida cotidiana se mantenía el calendario lunar. Según el calendario civil, el año se dividía en 12 meses innominados, cada uno de los cuales duraba 30 días; los 5 días extras se añadían todos al final del año. Los sacerdotes, de quienes dependía el cómputo de los días del año, debieron caer pronto en la cuenta de que su año era un poquito más corto que el año solar, ya que la aparición helíaca de Sirio se habría ido retrasando un día cada cuatro años. Sin embargo, no se intentó corregir este error que se fue acumulando de siglo en siglo, hasta que tras 1.460 años (365 × 4) la aparición helíaca de Sirio volvió a coincidir con el comienzo del año. Aun entonces no se cambió el sistema. Como los egipcios no numeraban los siglos ni las eras, es difícil averiguar cuándo apareció este sistema. Lo que se sabe es que su año nuevo coincidió con la aparición helíaca de Sirio en el 139 d.C.; por ello tuvo que haber coincidido también 1.460 años antes, en el 1321 a.C. Se piensa que el origen del calendario egipcio se remonta incluso hasta dos ciclos antes, en el 4241 a.C.

En el abanico de las civilizaciones mediterráneas antiguas existía una gran diversidad de calendarios. Desde el 2000 a.C., más o menos, los asirios contaban con un año de 360 días, distribuidos en 12 meses de 30 días, a los cuales se añadían 15 días cada tres años. Los asirios debieron darse cuenta de que se estaban desfasando respecto de las apariciones helíacas en las que se basaba su sistema, que fue por ello



Los antiguos egipcios utilizaban un calendario lunar con los nombres de los días, sincronizado con la aparición de la estrella Sirio, y con las inundaciones anuales del Nilo. Más tarde inventaron un calendario civil con nombres de los días, basado en el año solar de 365 días. Como el calendario civil no tenía en cuenta que la verdadera duración del año solar era 365 1/4 días, los meses nunca se sincronizaron de manera adecuada con las estaciones. Con el tiempo se añadió un mes de 30 días cada 25 años, para corregir el error. Este calendario egipcio del año 1230 a.C., *izquierda*, señala los días fastos en negro y los días nefastos en rojo.

El calendario de la Revolución Francesa se introdujo en 1793, rompiendo con el calendario eclesiástico gregoriano. Constaba de 12 meses de 30 días, con nombres apropiados a la estación, y divididos a su vez en semanas de 10 días.

modificado de diversas formas antes de asimilarse al calendario babilónico, poco después del 1100 a.C. Este calendario había evolucionado desde un año de seis meses basado en la Luna, hasta un sistema de 12 meses lunares. Esto arrojaba un total de sólo 354 días por año, por lo que se introducía un mes extra cuando parecía que las fechas se distanciaban demasiado. Posteriormente, en el siglo V a.C., se importó el ciclo metónico de Grecia, que proporcionaba una exactitud razonable, pero era complicado, pues usaba tanto datos lunares como solares, y suponía añadir siete meses extra al calendario en cada período de 19 años.

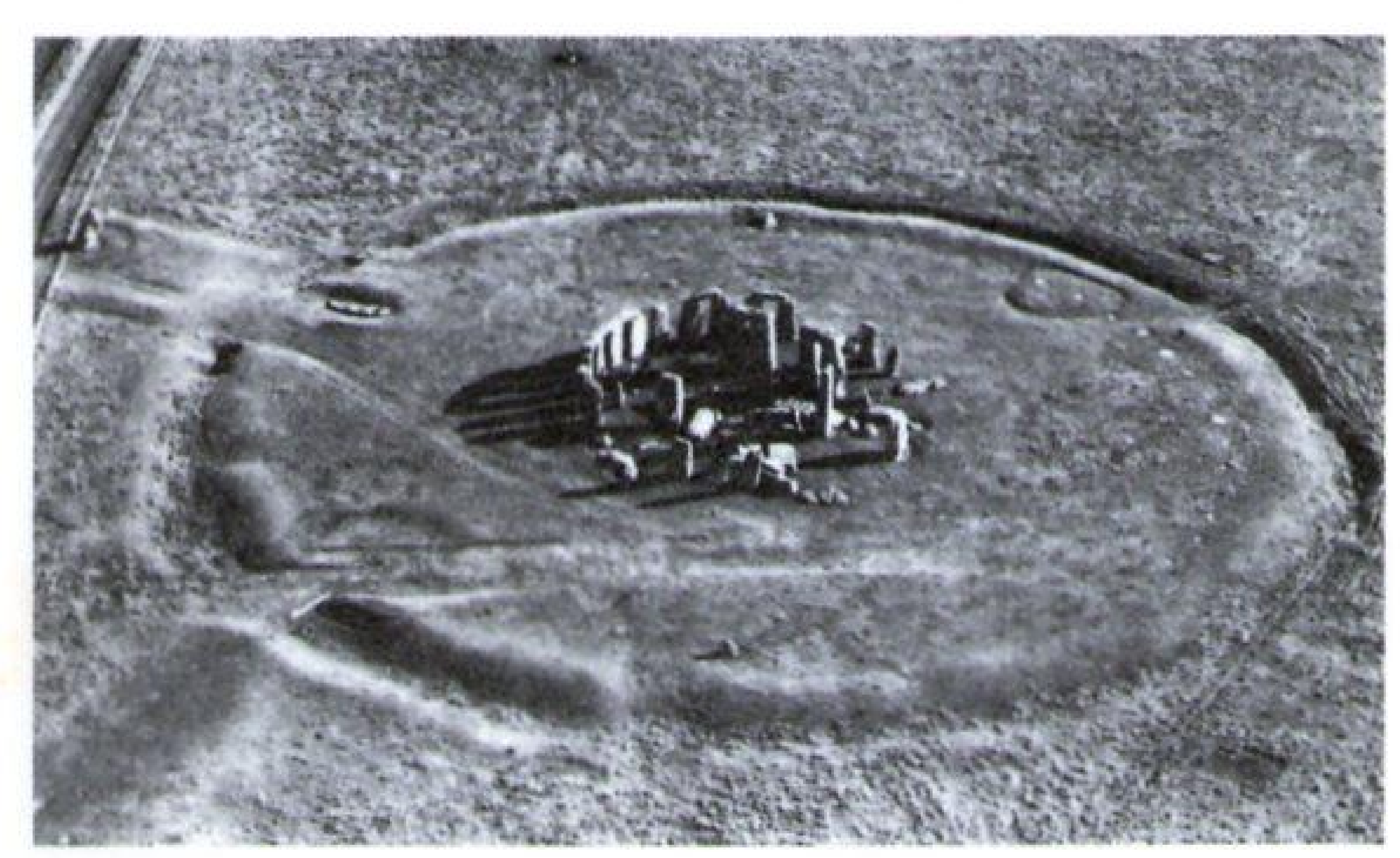
Desde el siglo IV d.C., el calendario judío se basa también en el ciclo metónico de 19 años. Los años 3, 6, 8, 11, 14, 17 y 19 de cada ciclo tienen 13 meses. El mes sobrante se inserta entre los meses cinco y seis y tiene 30 días. Debido a las festividades y ceremonias religiosas el año no puede empezar en domingo, miércoles ni viernes, así que, si es preciso, se altera la duración del año en un día; la adición o sustracción se efectúa en el tercer mes. Las diversas ciudades-estado de la antigua Grecia poseían calendarios propios desde el 1200 a.C. más o menos. Su duración y sus principios básicos eran diferentes, pero hacia el siglo III a.C. se impuso el ciclo metónico de 19 años, que fue mejorado en muchos aspectos.

Lejos de la cuenca mediterránea, otras culturas intentaron elaborar calendarios. En Centroamérica, las civilizaciones azteca y maya poseían sistemas parecidos, que datan del 3000 a.C., aproximadamente. Ambas aceptaban un año solar de 365 días, que se dividía en 18 meses de 20 días de duración, más cinco días «nefastos» al término. Pero, a pesar de todo, consideraban más importante un ciclo de 260 días que discurría paralelamente al año solar. Ambos ciclos encajaban con gran exactitud, para producir un ciclo de 52 años —el calendario circular—, que tenía 18.980 días, todos con distinto nombre. Es asombroso que el calendario maya sea de hecho más exacto que el nuestro, pues sólo se pierden dos días cada 20.000 años, mientras que con nuestro calendario son tres cada 10.000 años.

En Asia se desarrollaron en la antigüedad varios sistemas de calendario independientemente. Desde el siglo XI a.C., y posiblemente mucho antes, los chinos adoptaron un ciclo de 60 días con nombres, combinado con un tipo de calendario lunar. En algún momento del siglo VII a.C. se incorporó un ciclo de 12 años. Para mantener ajustados los ciclos lunares a los años solares se añadían meses cuando era preciso, pero sin responder a ningún plan. Los hindúes, los budistas y los brahmanes utilizaban todos —aunque con nombres diferentes para los meses— calendarios lunares ya desde el 1500 a.C., y añadían días y meses en cada período de cinco años para mantenerse al paso del año solar.

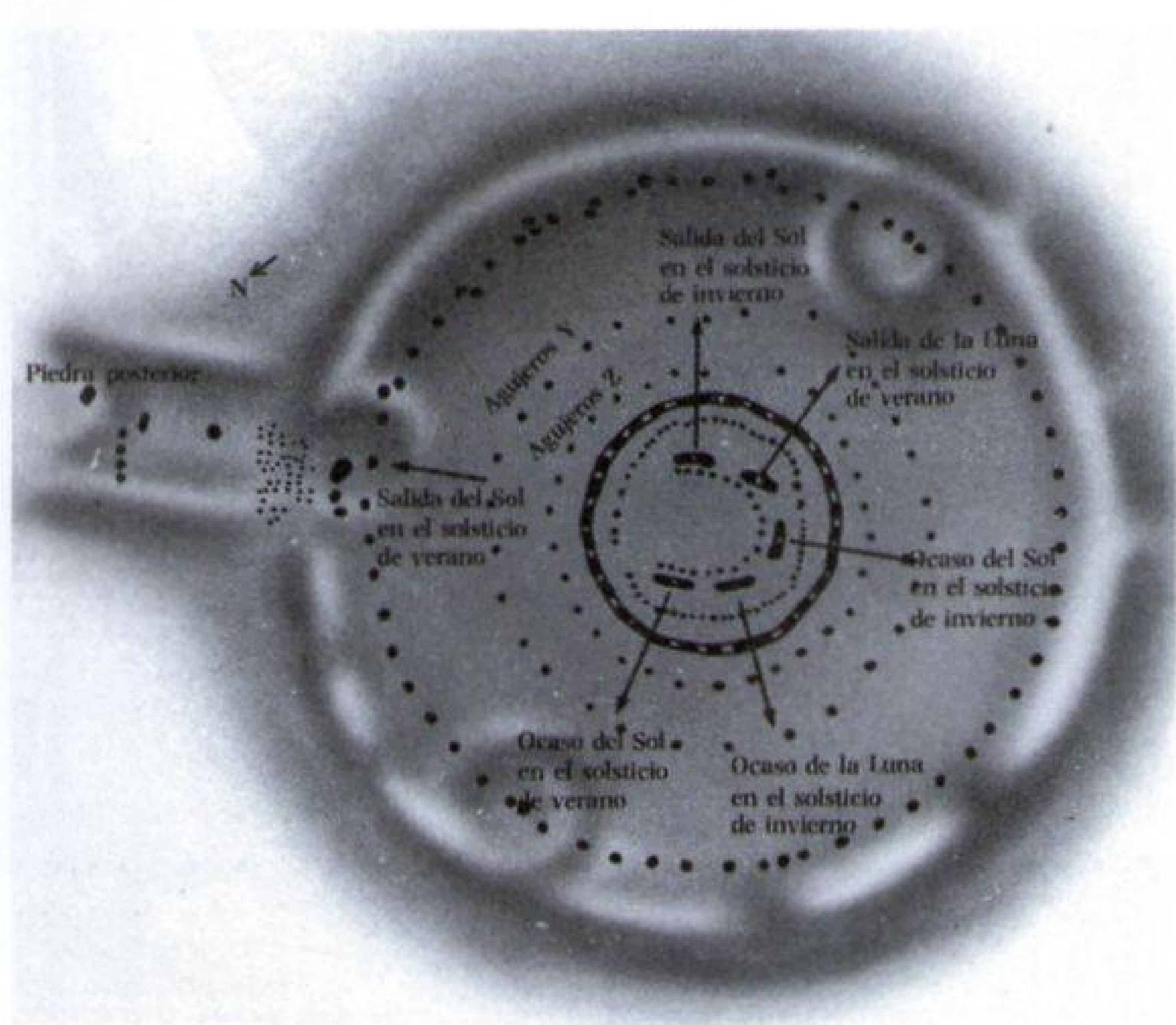
Los círculos y las hileras de piedra erigidos en el norte de Europa desde el 1500 hasta el 500 a.C. tenían un significado religioso, pero además se usaban para identificar el solsticio de verano. Diversas alineaciones solares, lunares y estelares se han relacionado con esos megalitos, pues se pueden usar las posiciones de los bloques de piedra para medir los movimientos del Sol y la Luna, y para prever los eclipses. Los megalitos mejor conocidos son los de Stonehenge, al sur de Inglaterra, y los de Carnac, en Bretaña, al noroeste de Francia.

El calendario azteca de la Pirámide del Sol, en la ciudad de México, *izquierda*, presenta símbolos de todas las épocas anteriores, así como un calendario de 260 días. El dios Sol aparece rodeado por los símbolos de los 20 nombres de los días (junco, mono, etc.) que se utilizaban junto con 13 números de los días. El año de 260 días funcionaba paralelamente al año solar de 365 días, dividido en 18 meses de 20 días, con 5 días nefastos. Las dos serpientes de colmillos prominentes representan el tiempo.





Stonehenge, *superior e inferior derecha*, es un complejo reloj calendario megalítico de 3.500 años de antigüedad. A partir de los restos de las piedras centrales y de los agujeros de otras se han podido detectar alineaciones orientadas hacia la salida del Sol y hacia el ocaso tanto en el solsticio de verano como en el de invierno hacia las posiciones extremas de la salida y la puesta de la Luna, e incluso hacia sus eclipses. Estas posiciones han variado unos grados desde el año 1500 a.C., pero las interpretaciones eran exactas en el momento de erigirse las piedras. Los agujeros 30 y 29 Z que rodean el círculo de piedras quizá fuesen utilizados por el clero pagano para contar los meses alternos.



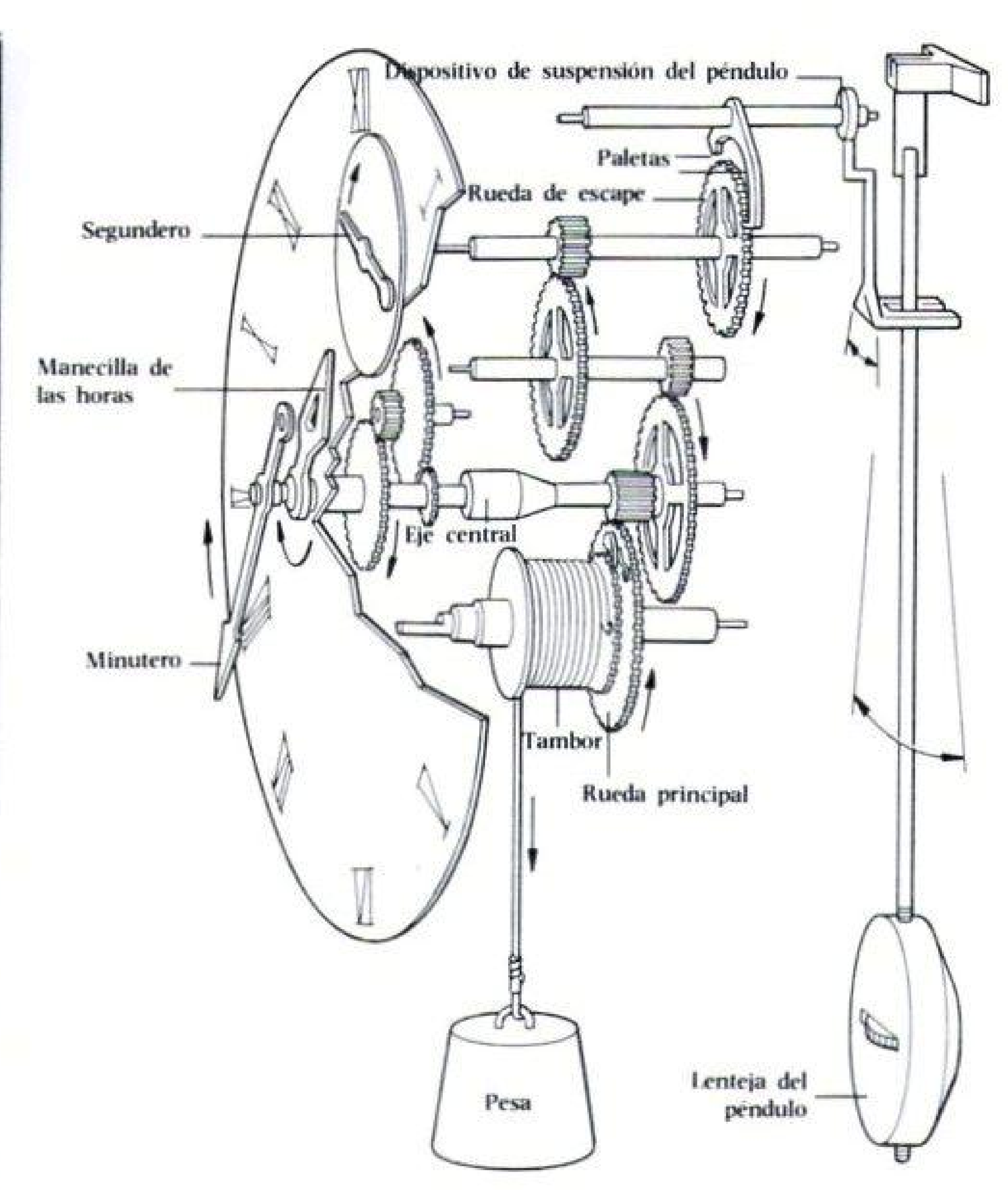
Muchos de los antiguos sistemas de calendario han sido reemplazados por el calendario gregoriano que usamos hoy en día. Se trata de un descendiente directo del calendario republicano de la antigua Roma; éste tenía 12 meses con nombres que aún se mantienen en su mayoría, y un total de 355 días. Hasta el 153 a.C. el año comenzaba el 1 de marzo, pero a partir de entonces se pasó al 1 de enero. Los días sobrantes se seguían incluyendo en el «último» mes, febrero, aunque originariamente se hacía tras el 23 de febrero. En la práctica, el calendario republicano fue alterado con fines políticos, de modo que para el 46 a.C. se había retrasado tres meses con respecto a las estaciones. La reforma esencial la llevó a cabo Julio César, quien, siguiendo el acertado consejo del astrónomo Sosígenes, añadió 90 días al año 46 a.C., y estableció un año de 365 días y un cuarto. La acumulación de los cuartos hizo que se añadiera un día a febrero cada cuatro años o año bisiesto. El calendario Juliano resultante era casi totalmente correcto. Así pues, durante siglos no se observaron discrepancias. El error acumulado era sólo de un día cada 128 años, pero nada se hizo para corregirlo. En la década de 1470, cuando el desajuste era de nueve días, se pretendió reformarlo, pero el astrónomo elegido por el Papa fue asesinado, y la obra quedó sin realizar. Un siglo después, el papa Gregorio XIII encargó al jesuita y matemático alemán Christopher Clavius que calculase los cambios necesarios. En octubre de 1582 se corrigió el calendario conocido hoy como gregoriano, adelantando la fecha 10 días. A la vez se introdujo la norma de eliminar tres días intercalares cada 400 años, efectuando el cambio en años de centena, a menos que fueran divisibles por cuatro.

En 1582 sólo los países católicos romanos adoptaron este cambio. La Europa protestante se mantuvo fiel al calendario Juliano casi otro siglo. Gran Bretaña sólo cambió al calendario gregoriano en 1752, y Rusia en 1917, tras de que un gobierno soviético hubiera reemplazado al gobierno de los zares, lo que significaba que la antigua Unión Soviética celebraba la revolución de octubre el 7 de noviembre. Durante el sigo XX se ha enmendado ligeramente el calendario gregoriano, de modo que el error se reducirá sólo a un día cada 20.000 años; buen ejemplo de cómo el hombre ha armonizado su medida del tiempo con el ritmo natural del planeta Tierra.

Paralelamente a la evolución del calendario se ha producido un avance tecnológico en los diseños de relojería, lo que ha permitido registrar el paso de las horas y de los días con mayor exactitud. El avance más significativo fue la invención de los relojes mecánicos, máquinas con sistemas de energía integral activadas —al menos durante los primeros seis siglos— por pesas o por un muelle que se estira. Los diversos aparatos de cronometraje que funcionaban por combustión o por flujo de agua o arena, aunque fueran a menudo tan complejos como para hacer sonar una campana a las horas, o poner en funcionamiento un sistema de alarma que avisara al encargado del reloj para que así lo hiciera, no eran auténticamente mecánicos.

No existen prototipos de los primeros relojes mecánicos, ni nos ha llegado ninguna descripción. El primer reloj público de este tipo que diera la hora del que se tiene noticia fue construido en 1335, y se instaló en el palacio de los Visconti de Milán. Como la mayoría de los relojes medievales, no tenía esfera ni manecillas, sino que estaba situado en

La esfera ornamentada del reloj del Palacio de Hampton Court, que data de 1540, señala la hora, el día, el mes, el número de días desde el principio del año, las fases de la Luna, las horas de marea alta en el Puente de Londres y los signos del zodíaco. El mecanismo original del reloj se cambió en 1835.



A partir del siglo XIV se utilizaban pesas en descenso como fuerza motriz del reloj, y hacia finales del XVII se añadió el péndulo de un segundo, como regulador exacto. El movimiento del péndulo se trasmite a través de un par de paletas que permiten que la rueda dentada del escape avance un diente cada segundo. La fuerza de las pesas se consume así lentamente, mientras que la fuerza de la rueda de escape contra las paletas mantiene el balanceo del péndulo. El escape está directamente unido al segundero, y —a través de una serie de engranajes— al minutero y a la aguja de las horas. Un leve adelanto o retraso puede corregirse moviendo hacia arriba o hacia abajo sobre la barra la lenteja del péndulo.

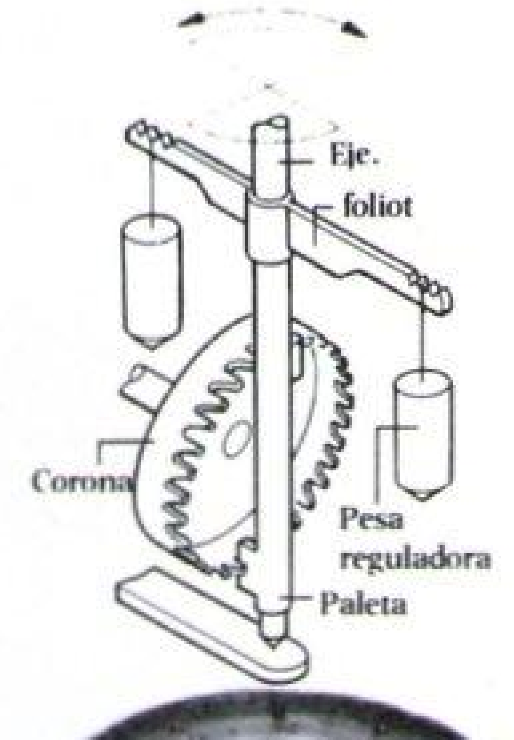
una torre y provisto de una campana que daba las horas. Se conocen algunos otros relojes anteriores a 1350, la mayoría italianos y con un diseño muy sofisticado. Encargados y acoplados a las torres por los nobles, daban las horas del día y la noche, de una a 24, comenzando al atardecer. Fue en este período cuando la hora convencional, invariable a lo largo del año, empezó a sustituir a las horas temporales. El uso de los relojes mecánicos se difundió lentamente por Europa. El más antiguo superviviente inglés es el reloj de la torre de la catedral de Salisbury, instalado en 1382, pero no es tan completo como el de la catedral de Wells, que data de 1392, y se exhibe actualmente en el Museo de Ciencias de Londres.

Hasta principios del siglo XVI la energía para el funcionamiento de todos los relojes mecánicos era proporcionada por pesas de descenso. El principio básico es que, al descender, las pesas ponen en movimiento un sistema de engranajes, a los que está conectada una manecilla que indica la hora. Para que el reloj ande un cierto tiempo, la energía de las pesas ha de utilizarse despacio, no toda de una vez. Esto se logra reteniendo primero uno de los engranajes para soltarlo luego por medio de un dispositivo de escape. En los primeros relojes, éste consiste en una barra horizontal que tiene colgado un peso en cada extremo, y que se balancea. Bajo esta barra está la rueda dentada del escape conectada a una barra vertical. Cada vez que oscila la barra horizontal, la vertical gira de un lado a otro y hace avanzar un diente, lo que permite que se inserte uno nuevo. El lapso de la oscilación del escape depende de la posición y el peso de las pesas. Estos relojes se adelantaban o se retrasaban con frecuencia, hasta 15 minutos diarios; proceso favorecido sin duda por el hecho de que el mecanismo no estaba encerrado en una caja sino al aire, expuesto a la suciedad y al alcance de todos. Estos relojes se ponían en hora consultando los relojes de sol.

Los relojes domésticos con esfera y una sola manecilla para las horas fueron escasos y esporádicos durante el siglo XIV, y eran además grandes, feos y caros. Todos esos relojes primitivos estaban hechos de hierro forjado; cada herrero completaba uno antes de empezar el siguiente. A finales del siglo XV se tendía hacia el reloj sin esfera, pero la primera mejora real en el diseño del reloj fue el uso de un muelle metálico espiral como fuente de energía motriz, que reemplazó a las pesas. El desarrollo de estos relojes está también envuelto en el misterio, pero el primer reloj de muelle que funcionó fue construido probablemente por Peter Henlein de Nuremberg hacia el 1510. Los mecanismos activados por muelle no sólo eran más exactos sino que permitían construir relojes más pequeños. Como el funcionamiento de los relojes de muelle se veía favorecido por el movimiento, durante el siglo XVI se introdujeron los primeros relojes portátiles y de bolsillo.

Los relojes portátiles del siglo XVI no eran desde luego de tamaño bolsillo, pues solían medir 22,8 cm. de diámetro y 12,7 cm. de altura. Debido a su forma se les conoce como relojes de tambor; tenían una esfera sobre la cara superior, y la mayoría estaban provistos de una cubierta metálica con bisagras que protegía la manecilla. Algunos estaban equipados con alarmas, y casi todos presentaban un hermoso acabado, con cajas repujadas y embellecidas a menudo con oro o plata. Aunque poco más exactos que sus predecesores del siglo XIV, y sólo al alcance de los ricos, estos relojes representaron una revolución —el

El reloj más antiguo que queda en Inglaterra, *abajo*, es el de la torre de la catedral de Salisbury, instalado en 1382. Aunque, como otros primitivos relojes públicos europeos, no poseía esfera, ni manecillas ni caja, tenía, sin embargo, un mecanismo de campana para dar las horas. Durante siglos se ha modernizado, aunque conservando gran parte de la estructura de hierro forjado y el escape de vara. Este mecanismo de escape de vara o de corona, *derecha*, fue el primer sistema de regulación de velocidad en los relojes mecánicos. Para evitar que la corona, que podía ir montada en sentido vertical u horizontal, utilizase toda la fuerza de las pesas, actuaba una balanza que giraba a uno y otro lado, soltando y bloqueando alternativamente los dientes con las paletas.







Los relojes de tambor de mesa activados por muelle abrieron el camino a otros portátiles. John Harrison, *derecha*, inventó el cronómetro marino para medir el tiempo y la longitud en el mar.

Civil:

Domingo			Lunes			Martes		
6 h.	mediodía	18 h.	6 h.	mediodía	18 h.	6 h.	mediodía	18 h.

Astronómico:

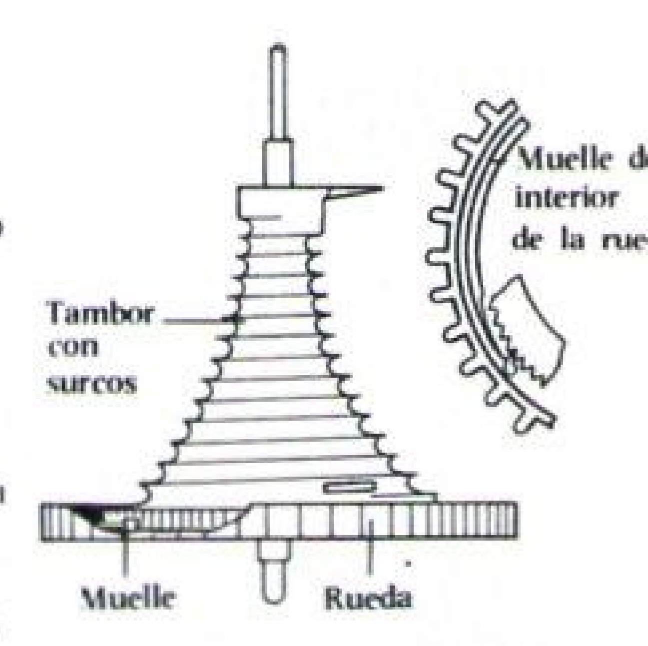
Sábado	Domingo			Lunes		Martes	
18 h.	6 h.	mediodía	18 h.	6 h.	mediodía	18 h.	6 h.

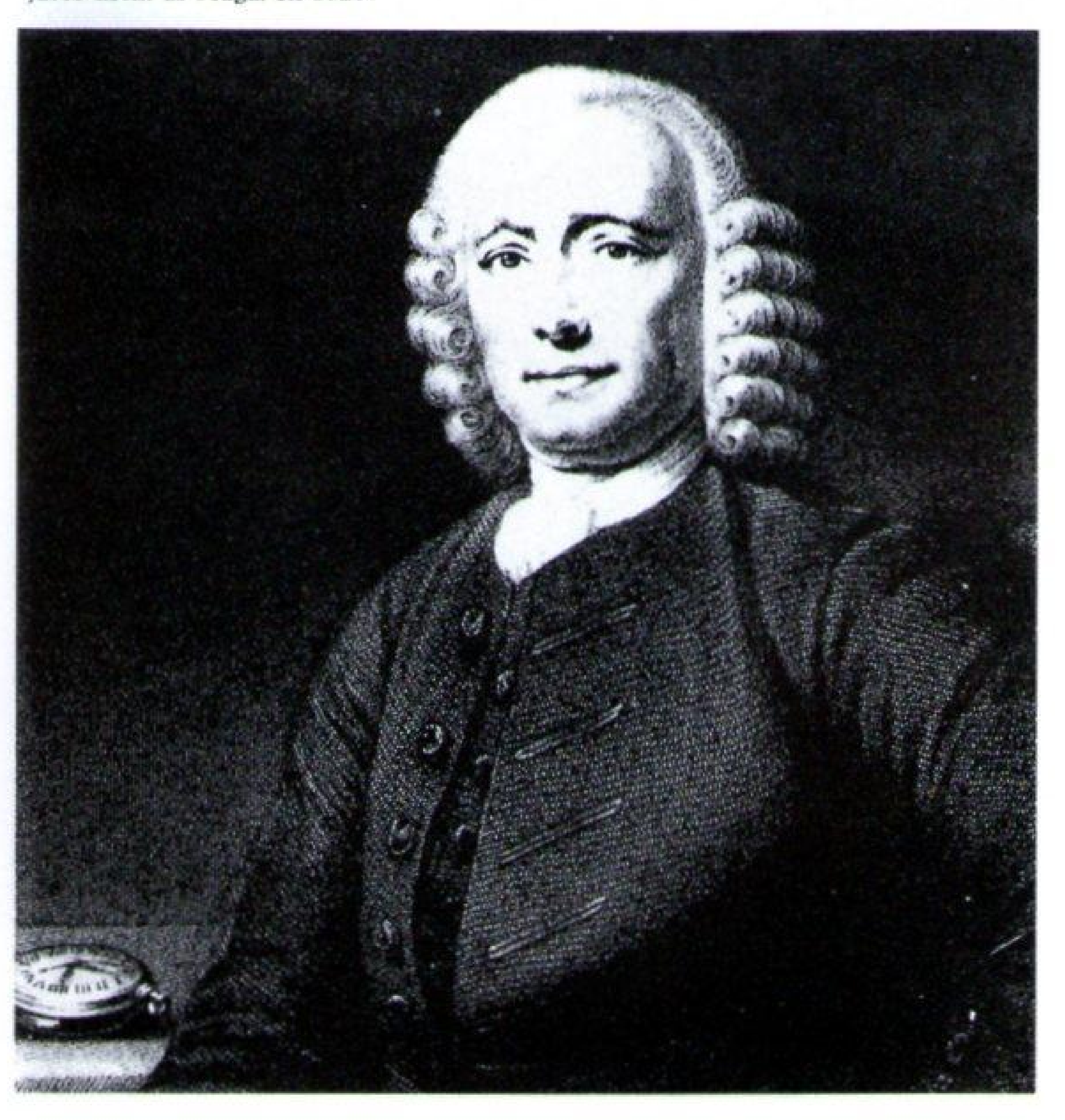
Náutico:

Domingo	Lunes			Martes			Miércoles
6 h.	mediodía	18 h.	6 h.	mediodía	18 h.	6 h.	mediodía 18 h.

Nuestro día comienza a medianoche, pero hasta 1925 los astrónomos contaban a partir del mediodía. Hasta el siglo pasado, el día náutico acababa a mediodía, *izquierda*. Las 6 de la mañana según hora civil era también las 6 de la mañana horario náutico, siendo, sin embargo, las 6 de la tarde del domingo para los astrónomos.

Al inventarse los relojes de muelle, en la década de 1550, hubo que aplicar un sistema que generase una cantidad constante de fuerza a partir del muelle espiral. El método más logrado fue el del caracol, de forma cónica y con surcos, que albergaba al muelle, facilitando la trasmisión de su fuerza a través de un canalillo. Una vez dado cuerda, el canalillo se desenrosca primero del extremo delgado del cono, produciendo solamente un poco de energía. Sin embargo, a medida que avanza el día empieza a desenroscarse del extremo grueso, generando una fuerza mayor para contrarrestar la fuerza reducida del muelle real que se distiende. Aunque se creía que los inventores de este mecanismo eran los italianos, el primero en acoplar el aparato a un reloj fue Jacob Zech, de Praga, en 1525.





hombre había empezado a ajustar el ritmo de su vida a la división artificial del día y la noche.

Durante los siglos XVI y XVII existió una gran demanda de relojes públicos y domésticos, antes privilegio de reyes y príncipes, entre las clases alta y media. El latón fue reemplazando al hierro forjado como material de construcción de los relojes, que resultaban así mucho más ligeros y más fiables, dado que era más fácil trabajar este metal.

En Gran Bretaña, la relojería tardó dos siglos en afianzarse como artesanía. La mayor parte de los relojes los fabricaban herreros o cerrajeros —siendo los resultados a menudo mediocres— pero, a pesar de ello, quedan aún algunos relojes ingleses del reinado de Isabel I (1558-1603), elegantes y razonablemente exactos.

El más importante de los avances concretos en la historia de los relojes mecánicos fue la introducción del péndulo como regulador exacto del escape. La idea del péndulo se la debemos a Galileo, quien, a finales del siglo XVI, se inspiró en el balanceo de una lámpara que pendía de una cadena en la catedral de Pisa; pero el primer reloj de péndulo fue diseñado por el holandés Christiaan Huygens en 1656. El primero que construyó un péndulo con una oscilación exacta de un segundo fue el físico inglés Robert Hooke, hacia 1660.

La duración de la oscilación del péndulo depende de su longitud; el péndulo de un segundo, o péndulo real, ha de tener unos 90 cm. de largo, pudiendo ajustarse con gran precisión gracias a un tornillo inserto en la lenteja. La importancia del péndulo de un segundo reside en que supuso un avance enorme para la exactitud de los relojes: se añadieron manecillas para los minutos a las esferas de los relojes, y la idea de dividir el minuto en 60 segundos fue prontamente aceptada pues, por fin, era posible contar los segundos con gran precisión. Otro de los inventos de Hooke casi de la misma época fue el escape de retroceso o de áncora, que permitía que un péndulo pesado oscilara en un arco pequeño.

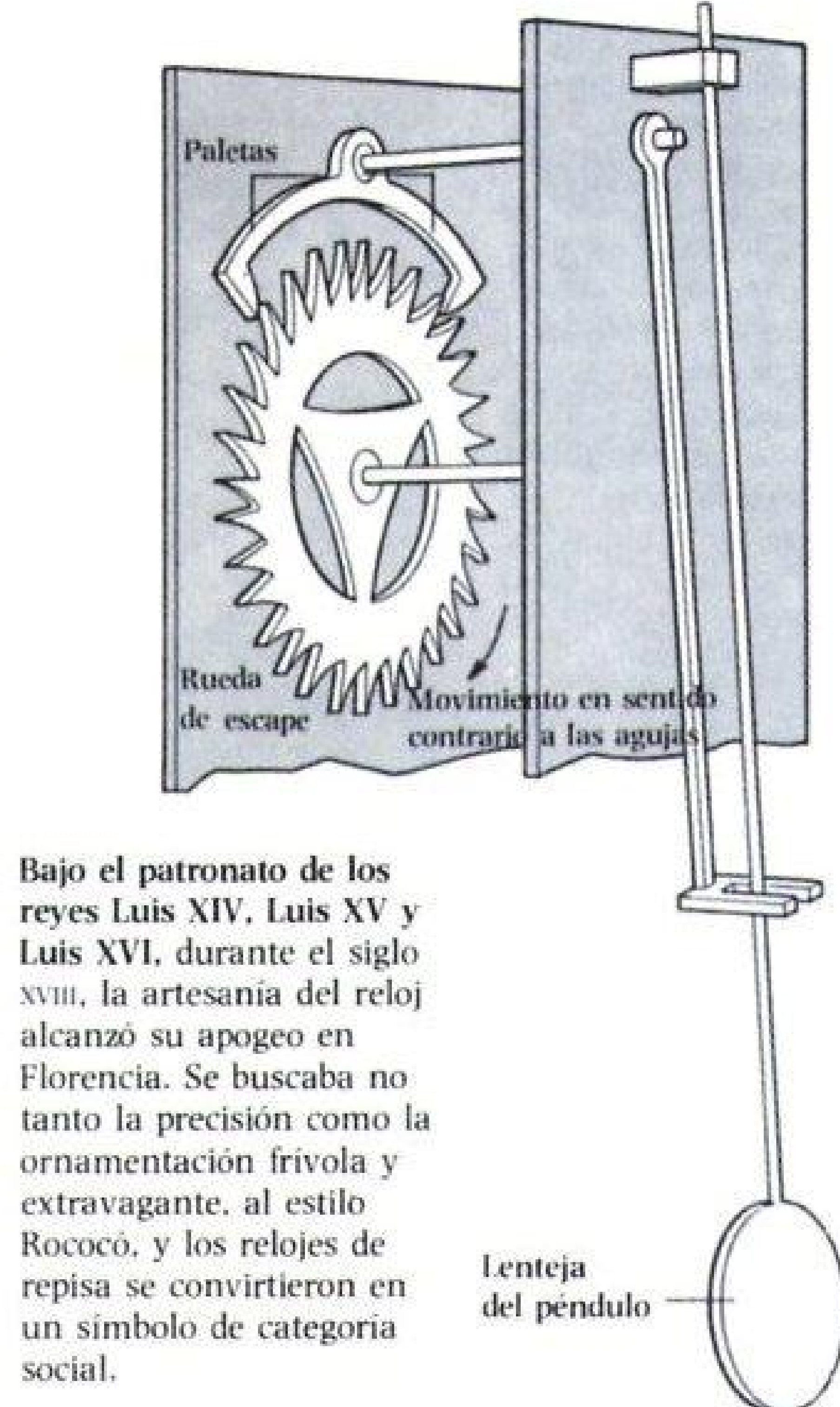
Estas innovaciones cambiaron la forma de los relojes: al ser el péndulo más largo se requería un reloj más alto; así apareció el reloj inglés de caja larga o reloj de abuelo. Durante este período, el último cuarto del siglo XVII, la fabricación inglesa de mecanismos y de cajas de relojería era la mejor de Europa, y hay por todo el mundo muchos relojes de abuelo todavía marchan a su hora. Otro efecto de la exactitud en la medición del tiempo, éste más difícil de evaluar, fue una mayor apreciación de intervalos de tiempos pequeños, lo que hacía posible la puntualidad.

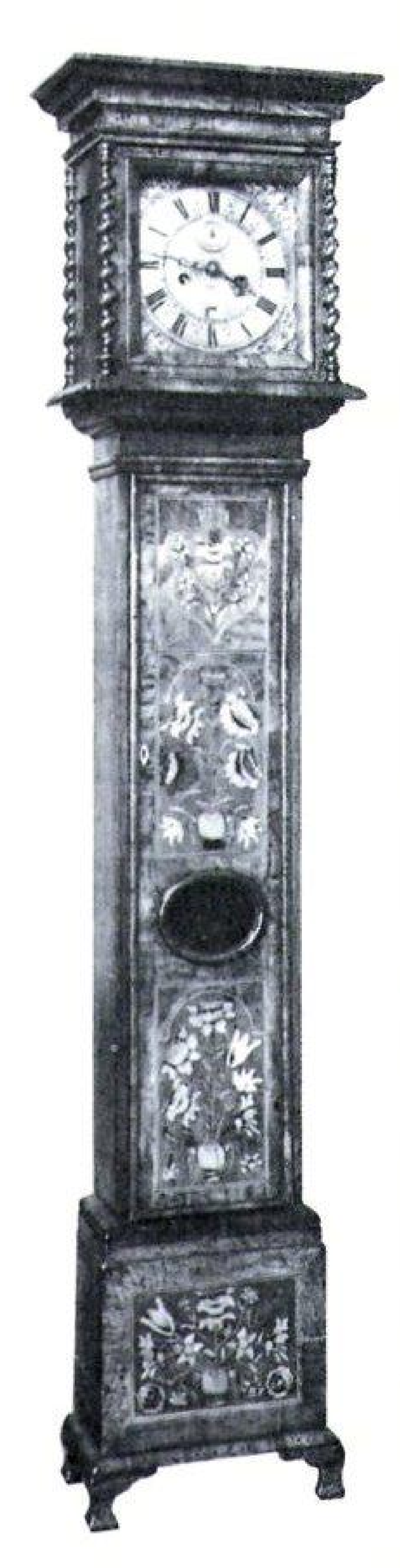
Durante el siglo XVIII se añadieron muchos refinamientos a los mecanismos de relojería. Se sustituyó el escape de áncora de Hooke por el escape de reposo que contribuía a la exactitud de la oscilación al eliminar el balanceo o la vibración, y se encontraron diversas soluciones al problema de la dilatación del péndulo por el calor, que hacía que el péndulo se moviese más despacio y que, por tanto, el reloj se atrasara. Si un péndulo de acero se calienta 2 ºC se atrasa un segundo por día. Para compensar esto se usaban metales cuya expansión y contracción se contrarrestaban mutuamente.

La construcción de relojes ornamentales como decoración para los palacios y mansiones de los ricos era un negocio lucrativo, que requería gran imaginación, y que culminó en Francia durante la segunda mitad



Bajo el patronato de los reyes Luis XIV, Luis XV y Luis XVI, durante el siglo XVIII, la artesanía del reloj alcanzó su apogeo en Florencia. Se buscaba no tanto la precisión como la ornamentación frívola y extravagante, al estilo Rococó, y los relojes de repisa se convirtieron en un símbolo de categoría social.





El escape de áncora o retroceso, *arriba,* inventado por Robert Hooke en 1660, supuso un notable perfeccionamiento del escape de vara. Las paletas, «sujetas» por una barra de unión, bloquean y liberan alternativamente la rueda de escape una vez por segundo, manteniendo el balanceo del péndulo. La precisión de este sistema permitió contar los segundos con gran exactitud. A menudo se incorporaba en una esfera más pequeña un segundero, dentro de la esfera del reloj, como en el reloj inglés de pie, de principios del XVIII, que aparece *a la derecha.* Sin embargo, este tipo de escape tendía a golpear contra las paletas, por lo que en 1715 George Graham incorporó una reforma —el escape de reposo que subsanó este defecto cambiando la forma de la parte superior de las paletas.

del siglo XVIII. Varios reyes franceses tuvieron relojeros de corte, que fabricaron muchos primorosos relojes de caja metálica. Más cortos que los relojes ingleses de caja larga, estaban diseñados para colocarse encima de mesas o repisas de chimenea.

Los relojes de pared han jugado, sin duda, un importante papel al influir sobre la actitud del hombre respecto al ritmo del tiempo, pero puede argüirse que aún ha sido mayor la influencia del reloj portátil. La exactitud de los relojes portátiles del siglo XVI mejoró gradualmente y su tamaño disminuyó, pero los relojes portátiles de tamaño bolsillo no aparecieron hasta la invención del muelle espiral, que fue el fundamento del reloj portátil del siglo XVII. El muelle espiral consiste en una banda o resorte de acero, que se pone en tensión al ser retorcida o enroscada, y que al saltar actúa liberando energía. El muelle de los relojes primitivos estaba fijado a la barra horizontal del volante que, sometida a la tensión del muelle, oscilaba primero en un sentido y luego en el otro. La exactitud de un reloj estaba controlada por un regulador, que acortaba o alargaba el muelle alterando así su tensión.

Al popularizarse los relojes de bolsillo se desarrollaron nuevos tipos de escape pensados para ellos: el escape de cilindro en 1726 y el de balancín en 1765. Por aquel entonces, la mayoría de los relojes portátiles eran casi tan exactos como los relojes domésticos, y a finales del siglo XIX eran asequibles para todo el mundo. Los actuales relojes de pulsera, si son del tipo tradicional, tienen un volante en forma de rueda de canto grueso, y un muelle que proporciona la fuerza para recuperar la posición. En los relojes electrónicos se emplea otro tipo de mecanismo: una batería de alta densidad en miniatura, que alimenta un diminuto diapasón o un imán, y una espiral; las vibraciones producidas se transforman en señales digitales que brillan en válvulas llenas de gas, o que activan cristales líquidos.

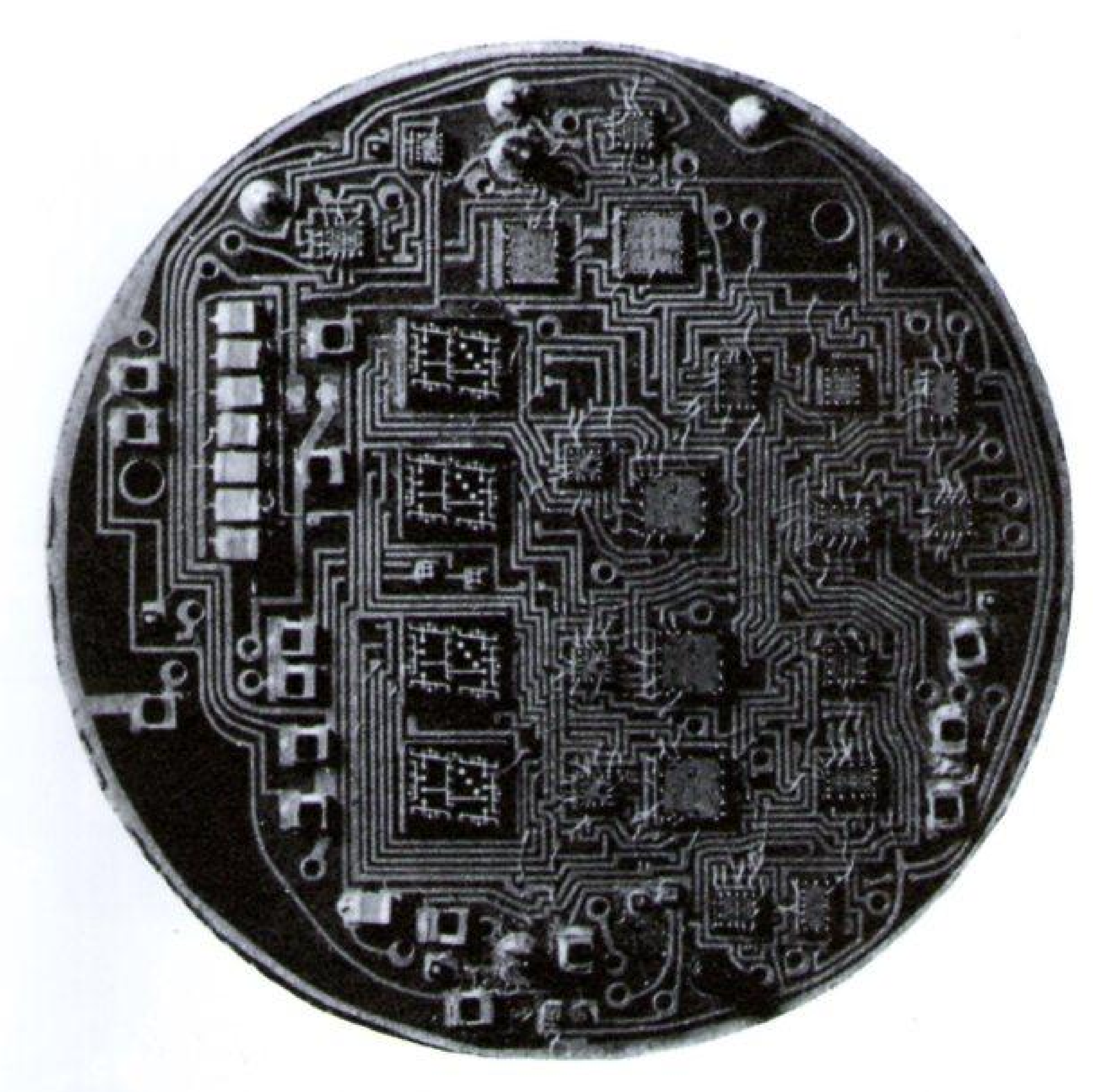
La producción en masa de relojes domésticos comenzó en el siglo XIX, y éstos se abarataron lo suficiente como para convertirse en elementos corrientes en las casas. La manufactura industrial de relojes comenzó en EE.UU., pero antes de finales de siglo ya se fabricaba relojes baratos en grandes cantidades por toda Europa. Se instalaron relojes en todos los edificios públicos, en las plazas y en las estaciones de ferrocarril. La mayoría de los hombres llevaban relojes de bolsillo, y en las naciones industrializadas del globo la gente empezaba a someterse a la tiranía del reloj.

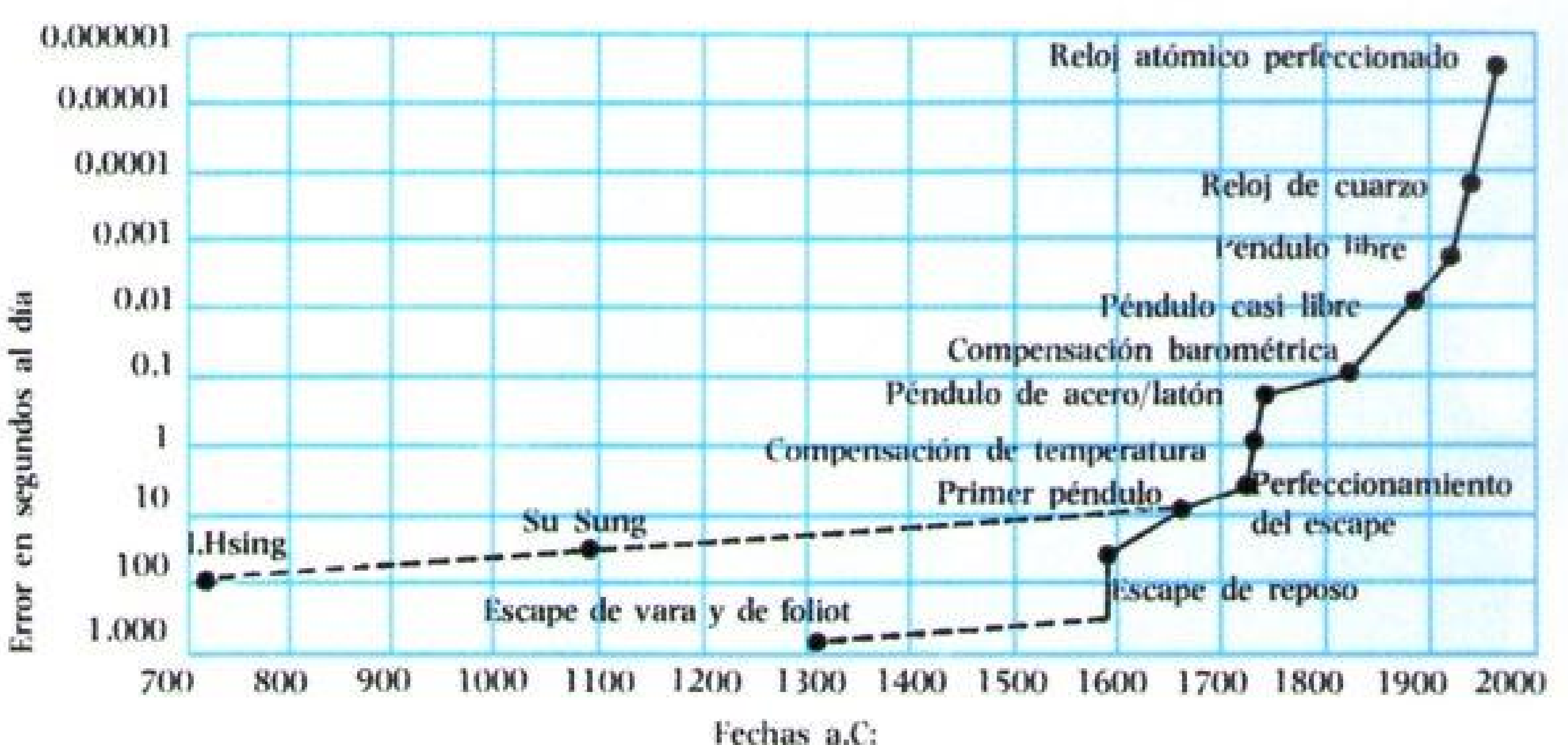
Los primeros relojes eléctricos fueron diseñados y construidos en la década de 1840, pero pasarían 50 años antes de que los mecanismos eléctricos fueran suficientemente seguros para la producción comercial. El péndulo de un reloj eléctrico se mantiene en movimiento gracias a impulsos eléctricos regulares y, en consecuencia, las manecillas avanzan una vez al minuto. Este es el reloj magistral que puede usarse para controlar numerosos relojes secundarios; sistema imprescindible en fábricas y complejos industriales semejantes. En cuanto se estableció en EE.UU. una frecuencia regular de corriente en 1918, y nueve años más tarde en Gran Bretaña, se hizo posible la fabricación de relojes sincrónicos alimentados por la corriente alterna de redes eléctricas. Tales relojes son ahora frecuentes por todo el mundo y, en teoría, deberían marchar casi al segundo durante largos períodos de tiempo. Sin embargo, dado que esta exactitud depende en gran medida de la exactitud del voltaje





Las esferas astronómicas con la fecha, fase de la Luna y hora en diferentes lugares del mundo se popularizaron en los relojes de caja, *arriba*. Los primeros tenían adornos a menudo dorados y esmaltados, *derecha*, con una cobertura metálica que protegía la aguja. Fueron haciéndose cada vez más exactos, dando lugar a los relojes de bolsillo o «leontina».





La precisión en la medición del tiempo avanzó muy lentamente durante la Edad Media, y los primeros relojes mecánicos eran incluso menos exactos que los de Sol. A partir del siglo XVII la precisión ha aumentado notablemente, sobre todo en los últimos 50 años, en los que se han desarrollado modernos relojes atómicos, con un retraso menor de un segundo cada 30.000 años.

El cristal de cuarzo se utilizó por primera vez en relojería en 1929, aplicándolo a relojes electrónicos en la década de 1950. En este reloj, *arriba*, el cristal, colocado en un soporte de metal y cerrado al vacío tiene propiedades que lo hacen vibrar a una frecuencia regular al aplicar una corriente alterna, suministrada por una batería de larga duración a través de un circuito integrado (fragmento de silicio). La frecuencia de oscilación del cristal de cuarzo se transforma en impulsos electrónicos, con una frecuencia constante determinada por el tamaño, la forma y el corte del cristal —en este caso, 34.000 ciclos por segundo. Los impulsos pasan a través de otro circuito que los reduce a una frecuencia (por ejemplo, 1 por segundo) capaz de ser trasmitida a una pantalla digital compuesta de diminutos puntos rojos.

generado por las centrales eléctricas, estos relojes no se clasifican en realidad entre los auténticos relojes. No contienen mecanismo regulador alguno, sólo un dispositivo para reducir la frecuencia de la corriente hasta que se acople a la frecuencia de rotación requerida para las manecillas de las horas, minutos y segundos.

El siglo XX ha presenciado un gigantesco perfeccionamiento de la exactitud de la medición del tiempo. Los actuales relojes científicos están a años luz incluso de los más exactos relojes domésticos, aunque se ha producido un significativo trasvase entre el laboratorio y la vida cotidiana. En 1921, William H. Shortt inventó lo último en relojes mecánicos: el reloj Shortt de péndulo libre, cuyo desajuste es menor que unas cuantas milésimas de segundo al día. El reloj consiste en dos relojes separados, uno de los cuales se sincroniza con el otro. Cada 30 segundos, el péndulo oscilante recibe un impulso de una palanca, que se suelta gracias a una corriente eléctrica que es trasmitida por el reloj secundario o subordinado. Inmediatamente se produce, en respuesta al reloj secundario, una señal sincronizadora, lo cual asegura que el siguiente impulso tendrá lugar exactamente medio minuto después.

Hay relojes aún más exactos que el de péndulo libre de Shortt, que se basan en un concepto totalmente distinto: el del ritmo de las vibraciones naturales. Por ejemplo, el reloj de cuarzo se sirve de las vibraciones producidas por el cristal de cuarzo cuando se le aplica una corriente alterna. Estas oscilaciones sustituyen al péndulo en el control del movimiento del reloj. Se trata esencialmente del mismo principio del reloj de red eléctrica, excepto que la frecuencia de vibración u oscilación es mucho más alta y permite un exactitud mucho mayor, hasta tal punto que, de hecho, un reloj de cuarzo es más exacto que la órbita de la Tierra en torno al Sol. Desarrollado en 1929 por primera vez, el reloj de cuarzo consiste en un anillo de cuarzo de 6,35 cm. de diámetro suspendido sobre unos hilos en una cámara aislada. A este anillo hay sujetos electrodos, que a su vez conectan con una corriente, produciendo así oscilaciones. A continuación la frecuencia de éstas se ve reducida, en proporción de seis millones a una, para que el anillo gire una vez cada 60 segundos. El anillo se conecta entonces con la esfera del reloj por medio de un dispositivo mecánico.

El reloj atómico se ha desarrollado a partir del reloj de cuarzo y se sirve, para llevar el ritmo de la frecuencia, de la oscilación natural de los átomos, principalmente de los del cesio. La exactitud del reloj atómico permite un desfase de un segundo cada 30.000 años, precisión tal que la mente humana es incapaz de asimilar. Resulta pues que la clave de la forma de medición del tiempo más artificial y refinada del siglo XX reside en el ritmo de las propias unidades elementales que forman la Tierra.

Cada año que pasa la sociedad humana se vuelve más cronodependiente. La mayoría de nosotros experimentamos una necesidad creciente de saber la hora exacta, y de realizar tareas específicas en momentos específicos. Sin embargo, no poseemos ningún sentido innato del paso del tiempo. Nuestros cuerpos mantienen unos ciertos ritmos, que pueden ser extraordinariamente exactos, pero tales ritmos no nos dicen si ha pasado un minuto, una hora o un día.

Cuando intentamos calcular cuánto tiempo ha pasado mientras estábamos ocupados en algo, nos equivocamos al dejarnos llevar por



La sociedad moderna dominada por los horarios, relojes de alta precisión y cronómetros, ha iniciado una carrera contra el reloj. Las frases «el tiempo es oro», «hora de levantarse», «hora de comer», «se acabó el tiempo», nos recuerdan constantemente que pertenecemos a una sociedad frenética y cronodependiente, que ignora en gran medida los ritmos humanos naturales. Una de las paradojas frustrantes de la vida moderna es que después de haber corrido «contra reloj» para coger un vuelo, un tren o un autobús hay que hacer cola y esperar. La lucha contra el tiempo ha aumentado el rendimiento, pero a menudo a costa de excesivas tensiones.

nuestro reloj interno y subjetivo, del que el cerebro es parte fundamental. Si el cerebro está manejando material nuevo, como una película o un entorno extraño, la cantidad de tiempo empleada parece siempre mayor.

La percepción subjetiva del tiempo varía con la edad, de modo tal que los días parecen pasar despacio para los niños y, en cambio, parecen acelerarse cada vez más para los mayores. El grado de estimulación mental a lo largo de la vida se ve también implicado en este fenómeno, porque para los niños todo es nuevo, mientras que la vejez trae pocas sorpresas. Otra de las causas de esta diferencia del sentido temporal relacionada con la edad es la velocidad del metabolismo, es decir la velocidad a que tienen lugar los procesos químicos del cuerpo. Los niños presentan una velocidad metabólica ligeramente superior, y pueden por ello procesar efectivamente más información que un adulto en un tiempo dado, aunque son más propensos al aburrimiento. La velocidad del metabolismo de los ancianos, por debajo de la media, se corresponde con una temperatura corporal más baja, lo que significa que todos sus procesos orgánicos aminoran y, en consecuencia, parece que el tiempo pasa más deprisa.

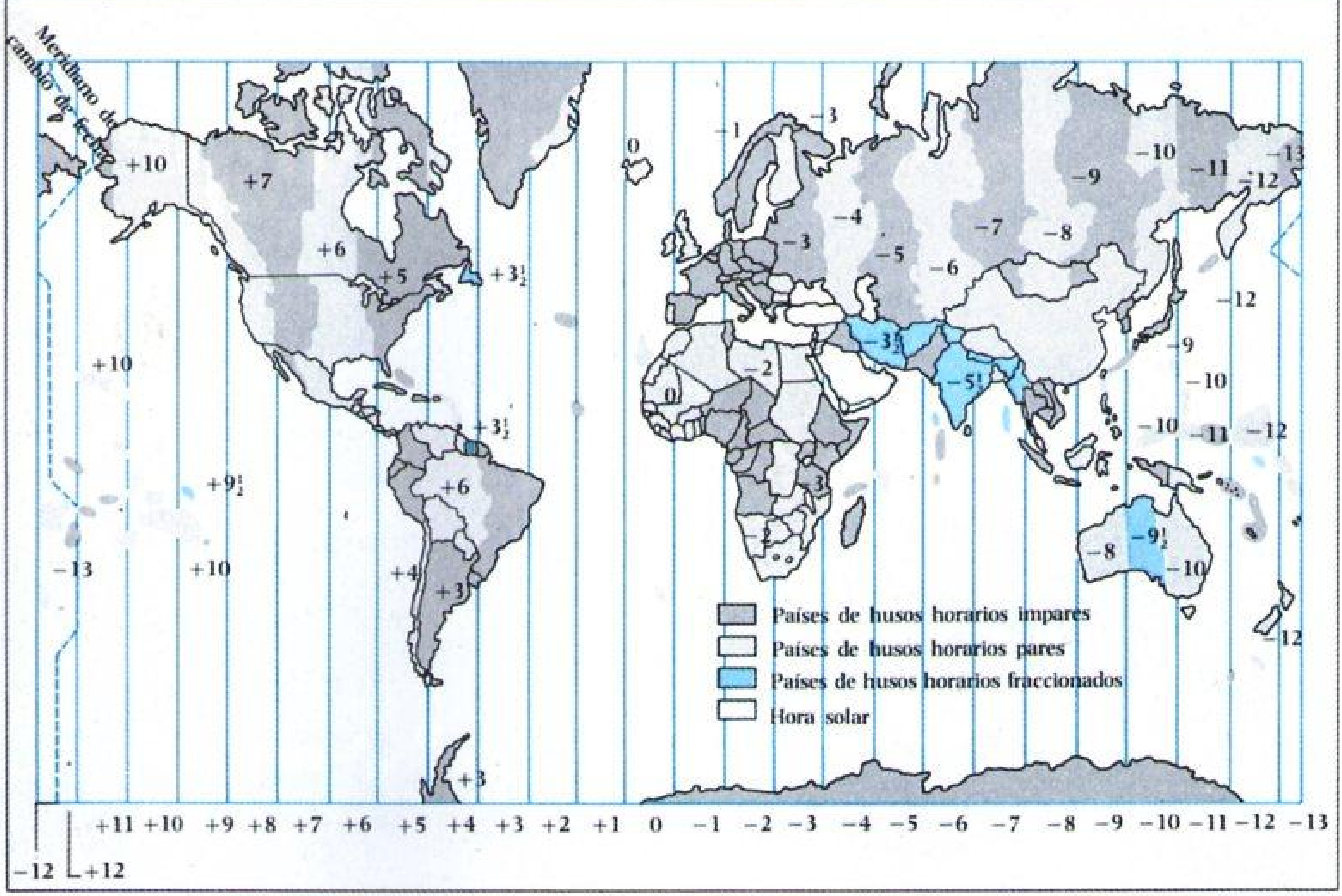
La percepción del tiempo puede verse alterada por el uso de drogas. Los estimulantes como la heroína, el cannabis, el LSD y otras drogas psicodélicas, e incluso la cafeína del té y el café, aceleran nuestra visión subjetiva del tiempo, y nos hacen sobreestimar los lapsos de tiempo. Los barbitúricos, el alcohol y otras drogas que producen mareo lo más probable es que surtan el efecto contrario, de modo que a uno se le pueden pasar sin enterarse intervalos considerables cuando se halla bajo sus efectos. Un estado de trance, alcanzado mediante meditación trascendental y algunos tipos de danza rítmica, también conduce a una subestimación del paso del tiempo, efecto asimismo producido por la esquizofrenia y otras enfermedades mentales.

Todo a nuestro alrededor nos recuerda hasta qué punto el tiempo nos obsesiona y nos domina. Esto es inevitable, ya que una sociedad tecnológica compleja, con una alta densidad de población, sólo puede organizarse ajustándose a horarios, programas y citas concertadas.

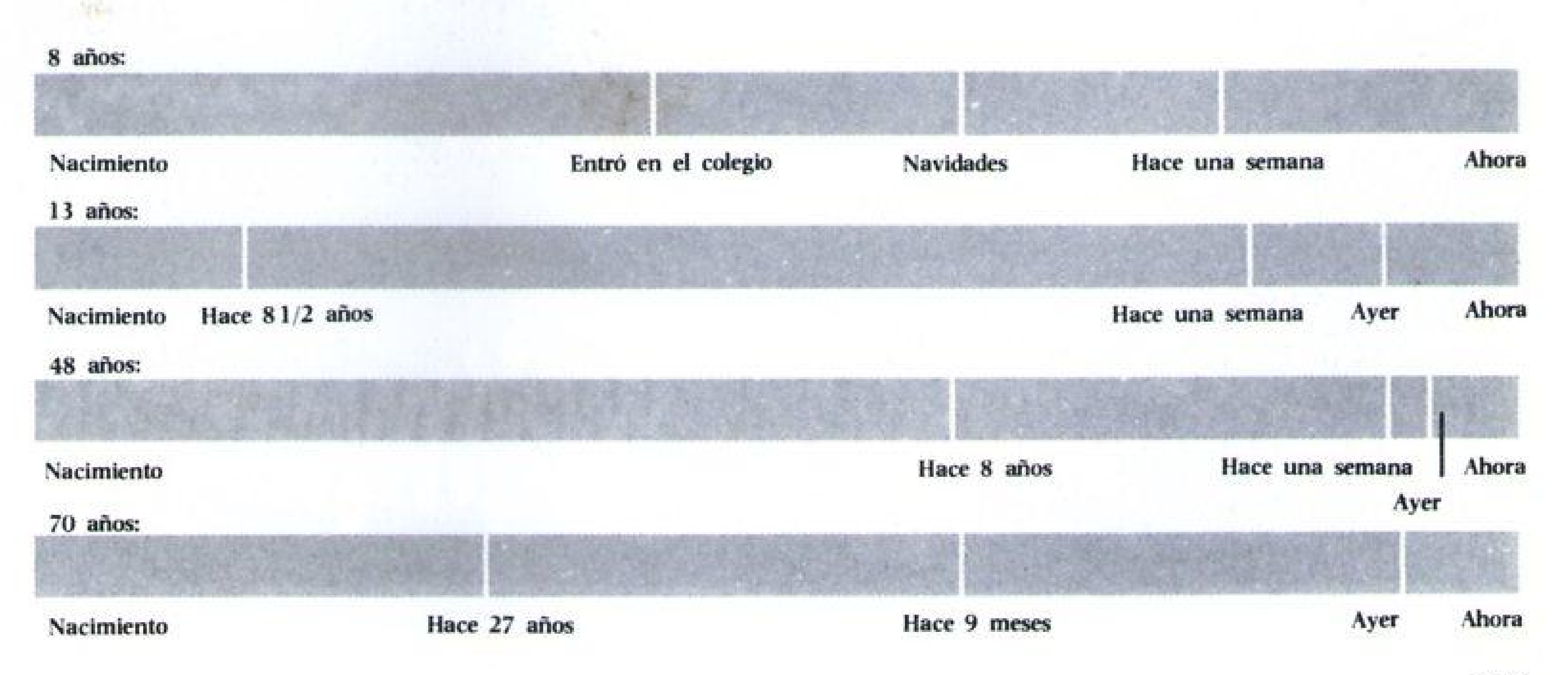
La frase «cuanto antes mejor» parece revelar una característica esencial del siglo XX. Los récords mundiales no sólo gozan de prestigio, sino que en deportes como la natación o el atletismo se cronometran en fracciones de segundo. Muchas compañías cuentan con un departamento que se encarga de acelerar la marcha de todos los demás, mientras que se diseñan computadores y sistemas de programación almacenada para procesar más datos con mayor rapidez. Todo esto se va sumando para incitar a la prisa, a vivir a trotacaballo, lo cual se traduce en una acumulación permanente de presión sobre los individuos de las sociedades industrializadas. Para enfrentarse al problema del «shock del futuro» —el efecto de desorientación producido por el exceso de cambio en todas las áreas de la sociedad— resulta útil contar con el ritmo estable que impone un horario, porque éste actúa como amortiguador al contrarrestar los efectos del cambio en una o dos áreas de la vida. Por ejemplo, puede resultar más fácil cambiar de casa o de trabajo si se puede mantener el ritmo de una determinada jornada laboral, los mismos horarios de comida y ver idénticos programas de televisión por la tarde.



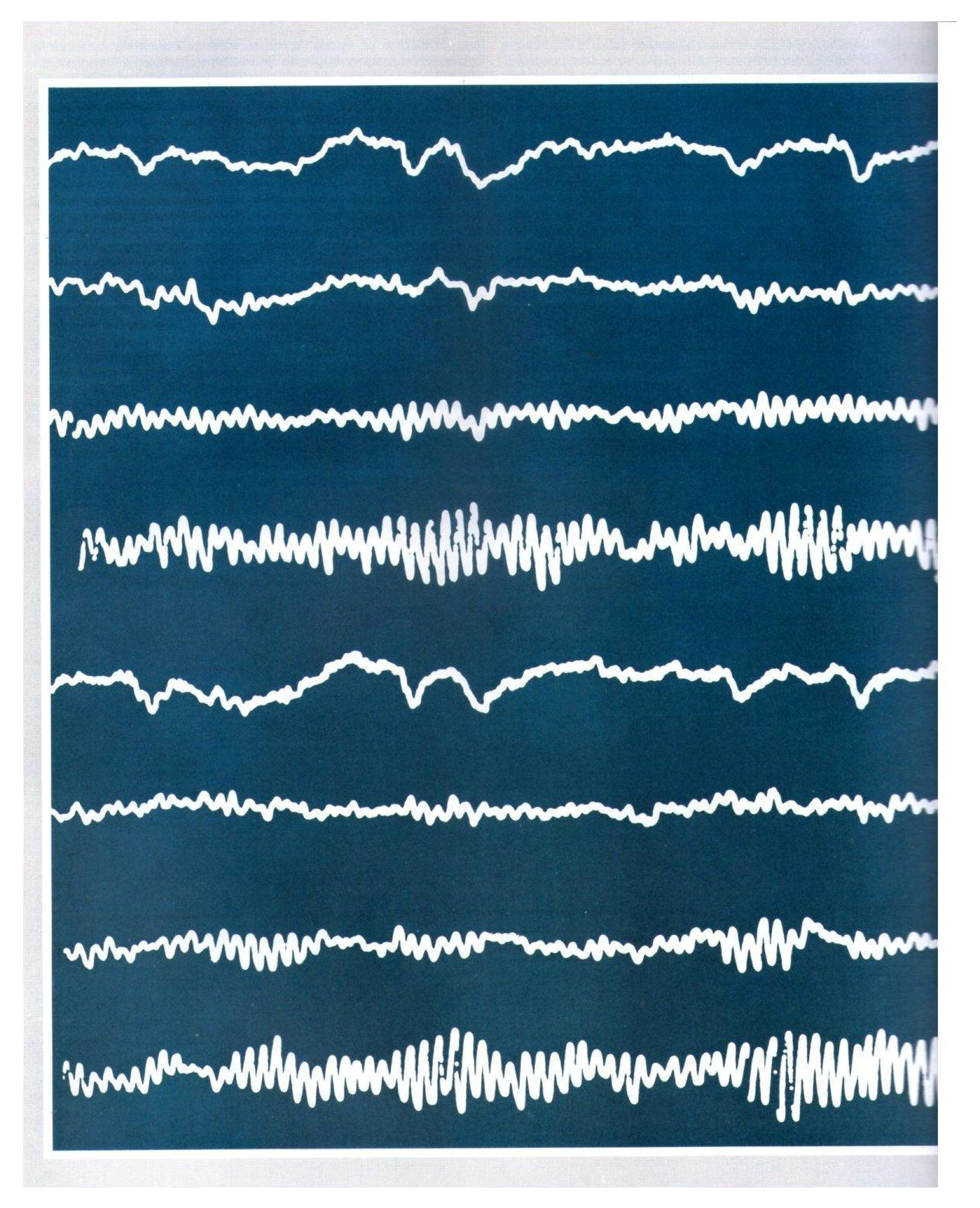
Los indios hopi no tienen noción de pasado, presente o futuro, sino que expresan el tiempo en términos de acontecimientos momentáneos, continuados o repetidos, no pudiendo captar el fenómeno de simultaneidad. Su lengua sugiere más que define el momento de un hecho. Por ejemplo: «Se produjo un destello» significa para nosotros que el destello tuvo lugar en el pasado, mientras que los hopi dirían simplemente: «destello» para describir su duración. Cada observador tiene su propia idea subjetiva del tiempo, concepto que no se presta a la definición objetiva.



El mediodía (cuando el Sol alcanza su cenit) tiene lugar a diferentes horas según la posición sobre la superficie de la Tierra; de ahí la necesidad de usos horarios internacionales. El desplazamiento a gran velocidad produce efectos asombrosos. Si se cruza el meridiano internacional de cambio de fecha hacia el este, en la fecha de nacimiento, ésta se revive, mientras que si se cruza hacia el oeste, se pierde completamente.



La percepción del tiempo experimenta cambios con la edad. Los niños tienden a sobrestimar los períodos cortos, y a subestimar los largos. Un hombre maduro juzga el día presente más largo que la semana anterior, debido a la información agolpada en su mente. Las personas mayores miran más hacia el pasado sintiendo el transcurrir rápido del tiempo. La explicación es que el metabolismo lento y la temperatura corporal baja influyen en la conciencia del tiempo.



Datos de los ritmos

Enfrentado a la enorme diversidad del universo y sus componentes, el intelecto humano lucha por establecer un cierto orden. Debido a la inestable complejidad del mundo animado e inanimado, el hombre intenta apoyarse en patrones, siendo uno de los más claros y frecuentes el patrón del ritmo. Como consecuencia, los fenómenos cíclicos y rítmicos se consideran el rasgo principal de una gran multitud de sistemas, procesos y actividades.

El hombre ha recopilado durante miles de años los datos que corroboran la idea de los ritmos. Estos datos hacen referencia a temas tan variados como la revolución de las galaxias y sus astros y los procesos rítmicos de respiración. Aunque no lo parezca a simple vista, dichos fenómenos se hallan inextricablemente ligados unos a otros, ya que la danza celestial del Sol, la Luna y la Tierra tiene profundas influencias sobre la vida terrestre. Toda la vida se desarrolla como respuesta al complejo y polirrítmico compás del mundo físico, cuyo contrapunto resonante se halla en los relojes biológicos de casi todos los seres vivos. Además, todos los organismos manifiestan procesos y actividades intrínsecos de carácter rítmico. Desde el crecimiento de un árbol hasta el vuelo de un pájaro, los procesos vitales están centrados en procesos repetitivos y rítmicos. La misma vida humana, conformada a partir de una serie de componentes biológicos y sociales revela capa tras capa patrones rítmicos y cíclicos.

Esta última etapa en el camino que hemos seguido a través de los ritmos de la vida pretende condensar parte del enorme banco de datos que ha inspirado las páginas precedentes. Se trata de un catálogo de los tipos de acontecimientos que demuestran con mayor claridad los ritmos de los mundos animado e inanimado. Muchas de estas listas amplían aspectos ya considerados, mientras que otras abren nuevos campos de estudio. La mayoría de ellas son objetivas, es decir, describen fenómenos reales. Otras, como las del ciclo de acontecimientos históricos, representan nuestro deseo de encontrar patrones para todo, pese a que los testimonios continúan siendo inconsistentes.

DATOS DE LOS RITMOS

Los ritmos planetarios
El período de la órbita de los planetas en torno al Sol constituye la duración de su «año»; las estaciones de cada planeta vienen determinadas por la inclinación de su ecuador respecto al plano de su órbita; el tiempo que tarda un planeta en rotar sobre su eje corresponde a la duración de su día. La distancia entre el planeta y el Sol determina su temperatura y la composición de su atmósfera.
(Ver páginas 14-33.)

Planetas	Período de la órbita en torno al Sol	Inclinación del Ecuador respecto a la órbita	Período de rotación en torno al eje	Distancia respecto al Sol (km)
Mercurio	87,9 días	7°	58,5 días	57.920.000
Venus	224,7 días	3°24'	243 días	108.100.000
Tierra	365,2 días	23°27'	24 h 4 min	149.600.000
Marte	687 días	23°59'	24 h 37 min	228.000.000
Júpiter	11,8 años	3°05'	9 h 51 min	779.100.000
Saturno	29,5 años	26°44'	10 h 14 min	1.426.000.000
Urano	83,8 años	97°55'	10 h 48 min	2.870.000.000
Neptuno	164,8 años	28°48'	14 h	4.493.000.000
Plutón	247,7 años	*c.* 50°	6 días 9 h	5.898.000.000

Ciclos de los cometas
Los cometas giran en torno al Sol lo mismo que los planetas, pero a diferencia de ellos tienen órbitas a menudo muy grandes y a menudo excéntricas. Los cometas son sólo visibles cuando se acercan a la Tierra. El cometa Halley es el único cometa brillante que tiene un período orbital de menos de unos cuantos siglos. He aquí una lista de algunos otros cometas, aunque son tan débiles que no pueden distinguirse a simple vista.

Cometa	Período orbital (años)
Encke	3,3
Finlay	6,9
Tuttle	13,6
Crommelin	27,9
Halley	76,0
Grigg-Mellish	164,3

Lluvias de meteoritos
Los meteoritos se asocian a los cometas y se desplazan en agrupaciones en torno al Sol. Cuando la Tierra atraviesa una agrupación, los meteoritos se desintegran en la atmósfera terrestre. Aparecen frecuentemente a lo largo del año pero, con excepción de los Perseides, no en cantidades constantes. Cada 33 años, los Leonides alcanzan su mayor actividad, cuando se llegan a ver hasta 100.000 estrellas fugaces por hora.

Lluvias de meteoritos	Fechas
Quadrantides	1-4 enero
Lyrides	19-22 abril
Aquarides	1-13 mayo
Perseides	27 julio-15 agosto
Orionides	15-25 octubre
Leonides	17 noviembre
Andromedides	26 noviembre-4 diciembre
Geminides	9-13 diciembre

Ritmos cósmicos misceláneos
Además de los planetas, los cometas y los meteoritos, existen otros muchos ritmos cósmicos, algunos de los cuales se indican aquí.
(Ver páginas 14-33.)

Período de revolución del Sol en torno al centro de la Vía Láctea	200 millones de años
Intervalo entre dos Lunas nuevas	29,53 días
Revolución mensual de la Luna en torno a la Tierra	27,32 días
Revolución diaria de la Luna en torno a la Tierra	24 h 50 min
Intervalo entre dos alineaciones perfectas de la Tierra, la Luna y el Sol, responsables del ciclo de los eclipses solares y de las mareas atmosféricas producidas por la luna	18,6 años
Ciclo de sequía meteorológica del medio oeste estadounidense: al este de las Rocosas, al oeste del Mississippi	18,6 años
Rotación del eje de la Tierra	21.000 años
Cambio de forma de la órbita terrestre	*c.* 100.000 años

Estaciones lluviosas
En muchas zonas tropicales hay una estación bien definida de lluvias torrenciales, mientras que el resto del año es seco. Otras zonas, como lagos y partes de Ghana en la costa del golfo de Guinea, tienen dos estaciones lluviosas al año. La vida en estas zonas está condicionada en gran medida por el ritmo de la estación de lluvias. Las estaciones que aquí se presentan se han extraído de las medias de precipitaciones anuales de las zonas en cuestión. *(Ver páginas 14-33 y 34-51.)*

Africa	
Conakry (Guinea)	junio-octubre
Half Assini (Ghana)	marzo-julio octubre-diciembre
Kano (Nigeria)	mayo-septiembre
Jartum (Sudán)	julio-septiembre
Lagos (Nigeria)	abril-julio septiembre-octubre
Mangoche (Malawi)	diciembre-abril
Wenchi (Ghana)	abril-junio septiembre-octubre
Asia y Australasia	
Bombay (India)	junio-septiembre
Broome (Australia)	diciembre-abril
Calcuta (India)	mayo-octubre
Colombo (Sri Lanka)	octubre-diciembre marzo-mayo
Darwin (Australia)	noviembre-abril
Mandalay (Birmania)	mayo-octubre
Centroamérica, Sudamérica, el Caribe y Hawai	
La Habana (Cuba)	mayo-octubre
Honolulú (Hawai)	noviembre-marzo
Manaus (Brasil)	noviembre-mayo
Ciudad de México (México)	junio-septiembre
Puerto España (Trinidad)	junio-diciembre

Epocas de reproducción

Las épocas de reproducción animal se hallan sometidas a un sistema de regulación, de manera que los ejemplares jóvenes nacen en el momento del año en el que existe un mayor número de posibilidades de supervivencia, es decir abundancia de comida y condiciones climáticas favorables al desarrollo. La tabla muestra las épocas de una serie de vertebrados, aunque existen variaciones según la latitud. *(Ver páginas 64-81.)*

Animal	Nombre científico	Epoca de reproducción
MAMIFEROS		
Armadillo	*Dasypus novemcinctus*	junio-agosto
Camello salvaje	*Camelus bactrianus*	todo el año
Chimpancé	*Pan troglodytes*	todo el año
Ardilla listada	*Tamias striatus*	marzo-julio
Foca común	*Phoca vitulina*	junio-agosto (Atlántico)-septiembre (Pacífico)
Musaraña vulgar	*Sorex aranaeus*	marzo-septiembre
Rorcual común	*Balaenoptera physalus*	noviembre-marzo
Cabra montés	*Capra hircus*	septiembre-enero
Erizo	*Erinaceus europaeus*	marzo-septiembre
Maki	*Lemur catta*	finales de marzo-principios de julio
Hombre	*Homo sapiens*	todo el año
Mandril	*Papio spp*	todo el año
Visón	*Mustela vison*	marzo-abril
Rata almizclada	*Ondatra zibethicus*	abril-octubre
Ornitorrinco	*Ornithorhyncus anatinus*	julio-octubre
Marsopa común	*Phocoena phocoena*	julio-agosto
Mapache	*Procyon lotor*	enero-junio
Pposum de Virginia	*Didelphus marsupialis virginiana*	enero-octubre
AVES (en el NO de Europa)		
Barnacla canadiense	*Branta canadensis*	marzo-abril
Eider	*Somateria mollissima*	finales de abril-principios de septiembre
Ansar común	*Anser anser*	abril-mayo
Anade real	*Anas platyrhyncos*	marzo-octubre
Pato mandarín	*Aix galericulata*	abril-mayo
Cisne vulgar	*Cygnus olor*	marzo
Tarro blanco	*Tadorna tadorna*	mayo-agosto
Cerceta común	*Anas crecca*	mediados de abril-julio
Porrón moñudo	*Aythya fuligula*	mediados de mayo-principios de septiembre
Anade silbón	*Anas penelope*	junio-agosto
REPTILES Y ANFIBIOS		
Sapo americano	*Bufo americanus*	febrero-julio
Rana de uñas	*Xenopus laevis*	todo el año
Tortuga de Carolina	*Terrapene carolina*	abril-mayo
Aligator americano	*Alligator mississippiensis*	enero-septiembre
Cabeza de cobre	*Agkistrodon contortrix*	mayo
Crótalo verde	*Crotalus viridis*	abril-mayo
PECES		
Salmón común	*Salmo salar*	septiembre-febrero
Carpa	*Cyprinus spp*	primavera-principios de verano
Salmón real	*Oncorhyncus tschawytscha*	abril-junio
Bacalao	*Gadus morhua*	febrero-abril
Platija	*Pleuronectes spp*	diciembre-marzo
Lamprea marina	*Petromyzon marinus*	primavera
Rabil	*Thunnus albacares*	primavera-verano

Ciclos de estro y períodos de gestación

Cuando la hembra de un mamífero entra «en celo» se halla en período de estro, y es capaz de producir huevos que serán fecundados por el macho. El ciclo de estro es una secuencia de fenómenos biológicos que desemboca en la producción y fertilización del huevo. Muchos mamíferos tienen uno o dos ciclos anuales, mientras que los de otros, como la especie humana, son continuos. *(Ver páginas 64-81.)*

Animal	Nombre científico	Ciclo de estro medio (días)	Período de gestación medio (días)
Camello salvaje	*Camelus bactrianus*	15	400
Gálago del Senegal	*Galago senegalensis*	32	115
Chimpancé	*Pan troglodytes*	36	235
Vaca	*Bos taurus*	21	284
Cabra	*Capra hircus*	21	151
Hamster dorado	*Mesocricetus auratus*	4	16
Gorila	*Gorilla gorilla*	39	270
Conejillo de Indias	*Cavia porcellus*	16	68
Caballo	*Equus caballus*	22	336
Hombre	*Homo sapiens*	28,3	294
Visón	*Mustela vison*	8	53
Ratón gris	*Mus musculus*	4	25
Rata almizclada	*Ondatra zibethicus*	4	30
Cerdo	*Sus scrofa*	21	114
Ornitorrinco	*Ornithorhynchus anatinus*	60	12
Conejo	*Oryctolagus cuniculus*	0	31
Rata	*Rattus norvegicus*	4	21
Canguro rojo	*Megaleia rufa*	35	33
Macaco rhesus	*Macaca mulatta*	28	170
Oveja	*Ovis spp*	16	148
Euro	*Macropus robustus*	33	32

Epocas de migración de las aves

Muchas aves que invernan en los trópicos emigran hacia el Norte para reproducirse en zonas cálidas durante el verano. Las que se reproducen en el Artico durante el verano del hemisferio norte emigran a zonas cálidas del Sur durante el invierno. En el cuadro se indican las épocas del año en que estas especies se hallan en las Islas Británicas, California y Ottawa. *(Ver páginas 64-81.)*

Nombre vulgar	Nombre científico	Llegada	Partida
ISLAS BRITANICAS			
Golondrina	*Hirundo rustica*	princ. abril	fin. octubre
Cuco	*Cuculus canorus*	med. abril	princ. septiembre
Ruiseñor	*Luscinia megarhyncha*	med. abril	fin. agosto
Aguila pescadora (hacia el Norte)	*Pandian haliaetus*	fin. abril	princ. junio
Codorniz común	*Coturnix coturnix*	med. mayo	fin. septiembre
Aguila pescadora (hacia el Sur)	*Pandian haliaetus*	fin. agosto	med. octubre
Escribano nival	*Plectrophenax nivalis*	Princ. octubre	fin. marzo
Mérgulo marino	*Plautus alle*	princ. noviem.	med. febrero
CALIFORNIA			
Tanagra	*Piranda ludoviciana*	princ. mayo	fin. septiem.
OTTAWA			
Becada americana	*Rubicolor minor*	fin. marzo	fin. octubre
Colibrí de garganta de rubí	*Archilochus colubris*	princ. mayo	med. octubre
Charlatán	*Dolichonyx oryzivorus*	med. mayo	med. septiem.
Dendroica estriada	*Dendroica striata*	med. mayo	med. octubre

DATOS DE LOS RITMOS

Estaciones de floración

Muchas plantas silvestres florecen todos los años en la misma época, y su floración a menudo define los cambios graduales de las estaciones en las zonas templadas. *(Ver páginas 34-51.)*

Las flores cultivadas son parientes de las plantas silvestres. Aunque por medio de una reproducción selectiva se obtienen plantas que florecen en cualquier época del año, las plantas cultivadas florecen en momentos específicos. Este cuadro aparece dividido en plantas anuales, que han de sembrarse cada año, y perennes, que mueren cada invierno para renacer a la primavera siguiente. *(Ver páginas 34-51.)*

Plantas	Nombre científico	Estación
FLORES SILVESTRES:		
Zarzamora	*Rubus fruticosus*	mayo-septiembre
Alforfón	*Fagopyrum esculentum*	julio-agosto
Drosera	*Drosera rotundifolia*	junio-agosto
Belladona	*Atropa belladonna*	junio-agosto
Mercurial perenne	*Mercurialis perennis*	febrero-abril
Hinojo	*Foeniculum vulgare*	julio-octubre
Tojo	*Ulex europaeus*	febrero-junio
Brezo	*Calluna vulgaris*	julio-septiembre
Lúpulo	*Humulus lupulus*	julio-agosto
Hiedra	*Hedera helix*	septiembre-noviembre
Arañuela	*Nigella damascena*	junio-julio
Malvavisco	*Althaea officinalis*	agosto-septiembre
Calta	*Caltha palustris*	marzo-julio
Muérdago	*Viscum album*	febrero-abril
Prímula	*Primula vulgaris*	diciembre-mayo
Paniquesillo	*Capsella bursa-pastoris*	enero-diciembre
Campanilla de las nieves	*Galanthus nivalis*	enero-marzo
Violeta común	*Viola odorata*	febrero-abril
Hierba de Santa Catalina	*Impatiens noli-tangere*	julio-septiembre
ARBOLES		
Alamo temblón	*Populus tremula*	marzo
Haya	*Fagus sylvatica*	marzo-abril
Arce común	*Acer campestre*	mayo-junio
Avellano	*Corylus avellana*	marzo-abril
Bambú ma-daka	*Phyllostachys bambusoides*	cada 120 años
Bambú muli	*Melocanna spp*	cada 30 años
Serbal	*Sorbus aucuparia*	mayo-junio
Roble	*Quercus petraea*	abril-mayo
Abedul	*Betula pendula*	abril-mayo
Tilo	*Tilia cordata*	julio

Plantas	Nombre científico	Estación
FLORES CULTIVADAS:		
ANUALES		
Campanilla	*Campanula medium*	julio
Amapola de California	*Eschscholzia californica*	junio-julio
Malvarrosa	*Althaea rosea*	junio-julio
Lunaria	*Lunaria annua*	mayo-julio
Lobelia	*Lobelia erinus*	junio-octubre
Boca de dragón	*Antirrhinum majus*	julio-octubre
PERENNES		
Canastillo de oro	*Alyssum saxatile*	abril-junio
Cielo estrellado	*Aster novi-belgii*	septiembre-octubre
Azafrán	*Crocus sativus*	octubre
Buganvilla	*Bougainvillea spectabilis*	agosto-septiembre
Aguileña	*Aquilegia spp*	mayo-junio
Ciclamen	*Cyclamen coum*	diciembre-marzo
Corazón de María	*Dicentra formosa*	abril-junio
Freesia	*Freesia spp*	marzo-abril
Genciana	*Gentiana asclepiadea*	agosto-septiembre
Nazareno	*Muscari armeniacum*	abril-mayo
Heleboro	*Helleborus orientalis*	febrero-abril
Cola de león	*Leonitis leonurus*	octubre-diciembre
Loto de la India	*Nelumbo nucifera*	julio-septiembre
Altramuz	*Lupinus spp*	mayo-junio
Malva	*Malva moschata*	mayo-octubre
Menta	*Mentha spicata*	agosto
Orégano	*Origanum marjorana*	junio
Prímula	*Primula denticulata*	marzo-mayo
Salvia común	*Salvia officinalis*	mayo-junio
Sedo	*Sedum spectabile*	septiembre-octubre
Hierba Luisa	*Lippia citriodora*	agosto
Glicina	*Wisteria sinensis*	mayo-junio

Efectos de la duración del día sobre la floración

Las fanerógamas pueden dividirse en tres categorías: las que florecen en otoño, cuando los días se acortan; las que florecen en primavera y a principios de verano, cuando los días se alargan; y aquellas cuya floración no depende de la duración del día. Las de las dos primeras categorías, las plantas de día corto y las de día largo, florecen sólo cuando la duración del día ha alcanzado un determinado valor crítico. *(Ver páginas 34-51.)*

PLANTAS DE DIA CORTO	
Cielo estrellado	*Aster novi-belgii*
Miramelindos	*Impatiens balsamina*
Crisantemo	*Chrysanthemum spp*
Café	*Coffea arabica*
Maíz	*Zea Mays*
Fríjoles cubales	*Phaseolus lunatus*
Bledo	*Amaranthus caudatus*
Soja	*Glycine max «Biloxi»*
Batata	*Ipomoea batatus*

PLANTAS DE DIA LARGO	
Clavel	*Dianthus superbus*
Agrostis	*Agrostis nebulosa*
Eneldo	*Anethum graveolens*
Hierba cinta	*Phalaris arundinacea*
Ballico	*Lolium italicum*
Menta	*Mentha piperita*
Rábano	*Raphanus sativus*
Mujares	*Anagallis arvensis*
Espinaca	*Spinacia oleracea*

PLANTAS DE DIA NEUTRO	
Zanahoria	*Daucus carota*
Pimienta de Cayena	*Capsicum frutescens*
Pepino	*Cucumis sativus*
Acebo	*Ilex aquifolium*
Lunaria	*Lunaria annua*
Caléndula	*Calendula officinalis*
Cebolla	*Allium cepa*
Patata	*Solanum tuberosum*
Tomate	*Lycopersicon esculentum*

Estaciones de reproducción de plantas cultivadas

Para multiplicar reservas ya existentes de plantas cultivadas, existen métodos y épocas particularmente apropiados. Se indican aquí los métodos más extendidos, así como la estación óptima para llevarlos a cabo. Muchas plantas no se reproducen por semillas, ya que éstas pueden producir una nueva planta distinta de la madre. *(Ver páginas 34-51.)*

Planta	Nombre científico	Epoca y método de reproducción
Aliso	*Alnus spp*	Plantar semillas en otoño
Haya	*Fagus spp*	Plantar semillas en otoño
Cedro	*Cedrus spp*	Plantar semillas en otoño
Crisantemo	*Chrysanthemum spp*	Cortar esquejes en cualquier época del año
Dalia	*Dahlia spp*	División de raíces en primavera
Olmo	*Ulmus spp*	Plantar semillas en primavera
Eucalipto	*Eucalyptus spp*	Plantar semillas en primavera
Higuera	*Ficus carica*	Cortar esquejes en otoño
Abeto	*Abies spp*	Plantar semillas en otoño o primavera
Junípero	*Juniperus spp*	Cortar esquejes al final del verano
Magnolia	*Magnolia spp*	Plantar semillas en otoño o primavera
Culantrillo	*Ginkgo biloba*	Plantar semillas en otoño o primavera
Arce	*Acer spp*	Plantar semillas en verano o en otoño
Roble	*Quercus spp*	Plantar semillas en otoño
Olivo	*Olea europaea*	Cortar esquejes en invierno o verano
Fresa	*Fragaria chiloensis*	Depositar estolones en verano
Vid	*Vitis spp*	Cortar esquejes en invierno
Nogal	*Juglans spp*	Injertar la yema de primavera a verano
Tejo	*Taxus spp*	Cortar esquejes en otoño

Ritmos circadianos humanos

La actividad de muchas de nuestras funciones biológicas aumenta y disminuye cada 24 horas. Las regulaciones de estas subidas y bajadas tiene importantes implicaciones en nuestras vidas. El metabolismo del alcohol, por ejemplo, se efectúa con más facilidad durante la tarde que por la mañana. Los catarros se cogen con más frecuencia por la noche, cuando la inmunidad a la infección es maś baja. *(Ver páginas 130-141.)*

	Máximo	Mínimo
Sueño	Noche	Día
Actividad	Día	Noche
Indice cardíaco	Día	Noche
Inmunidad a la enfermedad y a la infección	Día	Noche
Consumo de proteínas	Mañana	Tarde
Nivel de cortisona en la sangre	Media mañana	Tarde
Nivel de azúcar en la sangre	Mediodía	Noche
Temperatura corporal	Mediodía	Medianoche
Producción de orina	Mediodía	Noche
Actividad mental	Mediodía	Medianoche
Tensión arterial	Media tarde	Primera hora de la mañana
Nivel de aminoácidos en la sangre	Media tarde	Mañana
Indice de metabolismo del alcohol	Media tarde	Mañana
Velocidad de sedimentación de la sangre	Medianoche	Mediodía
Indice de división celular	Medianoche	Mediodía
Secreción de la hormona de crecimiento en los niños	Medianoche	Mediodía
Agudeza de los sentidos	Medianoche	Mediodía

Reloj floral de Linneo

Ciertas flores se abren o se cierran en determinados momentos del día, y Carl Linneo, botánico del siglo XVIII, fue el primero en disponerlas en un reloj floral. Simplemente mirándolo se podía saber la hora con un margen de aproximación de 30 minutos. *(Ver páginas 52-63.)*

Hora	Flor	Nombre científico	Actividad
6 horas	Hierba de halcón	*Hypochoeris maculata*	Se abre
7 horas	Clavelón	*Tagetes erecta*	Se abre
8 horas	Vellosilla	*Hieracium pilosella*	Se abre
9 horas	Cerraja	*Sonchus asper*	Se cierra
10 horas	Lampsana	*Lapsana communis*	Se cierra
11 horas	Leche de gallina	*Ornithogalum umbellatum*	Se abre
12 horas	Pasionaria	*Passiflora caerulea*	Se abre
13 horas	Clavel	*Dianthus spp*	Se cierra
14 horas	Pimpinela escarlata	*Anagallis arvensis*	Se cierra
15 horas	Diente de león	*Leontodon hispidus*	Se cierra
16 horas	Correhuela enredadera	*Convolvulus arvensis*	Se cierra
17 horas	Nenúfar blanco	*Nymphaea alba*	Se cierra
18 horas	Hierba del asno	*Oenothera erythrosepala*	Se abre

Ritmos de tensión arterial en el hombre

La tensión arterial se mide en la arteria y en el brazo, y refleja el movimiento del corazón. Al contraerse los ventrículos y expulsar sangre por todo el cuerpo, aumenta la tensión. Se trata entonces de la presión sistólica. Cuando la presión desciende, manteniéndose en un punto de reposo, lo que ocurre cuando la aorta bombea sangre en los ventrículos, se trata de la presión diastólica. *(Ver páginas 102-115 y 130-141.)*

Tensión media (mm de mercurio)		Presión sistólica	Presión diastólica
Neonatos		80	46
6 meses/1 año		89	60
3 años		100	67
8 años		105	57
13 años		115	60
17 años	hombre	121	74
	mujer	116	72
20-24 años	hombre	123	76
	mujer	116	72
30-34 años	hombre	126	79
	mujer	120	75
45-49 años	hombre	130	82
	mujer	131	82
55-59 años	hombre	138	84
	mujer	139	84
70-74 años	hombre	145	82
	mujer	159	85

Hibernación

El metabolismo de los animales hibernantes desciende a un nivel bajo durante los meses fríos de invierno. Este índice metabólico bajo se manifiesta en la temperatura rectal y el índice cardíaco bajos en algunos mamíferos hibernantes y en un pájaro, el chotacabras de Nuttal americano. *(Ver páginas 34-51.)*

Animal	Temperatura externa	Temperatura rectal	Indice cardíaco (Pulsaciones/min.)
	°C	°C	
Hamster dorado	5	6	14
Erizo	−20	3,7	6
Chotacabras de Nuttal	4,8	4,8	18
Ardilla terrestre de 13 bandas	5	5,5	8
Marmota de América	−1	5	18

Indice cardíaco en el hombre

Las pulsaciones del corazón se producen más despacio con la edad. Como regla general, la mujer tiene un índice más alto que el hombre. Estas cifras han sido registradas en personas en reposo. *(Ver páginas 102-115 y 130-141.)*

Edad (años)	Indice cardíaco (pulsaciones/min.)
Al nacer	140
1 hombre	116
mujer	122
2 hombre	104
mujer	103
3 hombre	92
mujer	86
6 hombre	87
mujer	80
9 hombre	81
mujer	85
12 hombre	70
mujer	71
15 hombre	65
mujer	67
20 hombre	64
mujer	69
30 hombre	59
mujer	65
40-60 hombre	57
mujer	70
60-70 hombre	66
mujer	71
70 hombre	65
mujer	73

DATOS DE LOS RITMOS

Indice cardíaco en los animales

Como regla general, cuanto menor es un animal, más rápido es su índice cardíaco en reposo. Los campañoles, musarañas y murciélagos son pequeños mamíferos con índices cardíacos muy elevados. El índice de cualquier animal aumenta rápidamente al estar en acción o asustado. Los índices cardíacos de reptiles y anfibios, animales de sangre fría, aumentan o disminuyen con la temperatura externa. *(Ver páginas 102-115.)*

Animal	Nombre científico	Indice cardíaco (pulsaciones/min.)
MAMIFEROS		
Murciélago	*Pipistrellus pipistrellus*	660
Murciélago (en hibernación)	*Pipistrellus pipistrellus*	30
Camello salvaje adulto	*Camelus bactrianus*	28
Gato recién nacido	*Felis domesticus*	168
Gato joven	*Felis domesticus*	300
Gato adulto	*Felis domesticus*	200
Vaca recién nacida	*Bos taurus*	150
Vaca adulta	*Bos taurus*	50
Elefante adulto	*Elephas indicus*	30
Jirafa adulta	*Giraffa camelopardalis*	66
Cabra adulta	*Capra hircus*	81
Liebre adulta	*Lepus europaeus*	64
Erizo	*Erinaceus europaeus*	246
Hiena adulta	*Hyaena spp*	55
León adulto	*Felis leo*	40
Ratón	*Mus musculus*	376
Cerdo recién nacido	*Sus scrofa*	227
Musaraña	*Sorex cinereus*	782
Campañol	*Microtus arvalis*	522
Rata blanca	*Rattus norvegicus*	305
AVES		
Robin americano	*Turdus migratorius*	570
Casuario	*Casuarius casuarius*	70
Corneja cenicienta	*Corvus cornis*	379
Anade real	*Anas platyrhynchos*	320
Avestruz	*Struthio camelus*	65
Halcón peregrino	*Falco peregrinus*	347
Estornino	*Sturnus vulgaris*	388
Pavo	*Meleagris gallopovo*	93
REPTILES Y ANFIBIOS		
Cocodrilo	*Crocodylus spp*	30 (a 15 °C) 70 (a 23,5 °C)
Rana leopardo	*Rana pipiens*	7 (a 2 °C) 37 (a 22 °C)

Indices cardíacos en mamíferos marinos

La reducción del índice cardíaco es una adaptación a la inmersión que asegura un índice de flujo sanguíneo reducido a todos los órganos, excepto al cerebro. Junto con otros sistemas de adaptación, permite que estos mamíferos permanezcan mucho tiempo sumergidos. *(Ver páginas 102-115.)*

Animal	Nombre científico	Indice cardíaco normal (pulsaciones/ minuto)	Indice cardíaco durante la inmersión (puls./min.)
Castor	*Castor canadensis*	140	10
Delfín de nariz en botella	*Tursiops truncatus*	110	50
Delfín	*Delphinapterus leucas*	150	15
Lamantino	*Trichechus spp*	60	30
Foca	*Phoca vitulina*	100	10
Ballena	*Beluga spp*	145	16

Frecuencia de respiración en el hombre

La frecuencia de respiración disminuye con la edad, pero la media en adultos es de unas 12 espiraciones por minuto. Los esfuerzos físicos, tales como levantamiento de pesos, casi doblan la frecuencia. En personas faltas de entrenamiento, correr o subir una montaña puede aumentarla hasta casi una espiración por segundo. *(Ver páginas 102-115.)*

	Espiraciones/min.
Prematuros	34
Recién nacidos	29
Hombre adulto (68 kg)	12
desempeñando un trabajo ligero	17
desempeñando un trabajo duro	21
al hacer un gran esfuerzo	hasta 53
Mujer adulta (54 kg)	12
desempeñando un trabajo ligero	19
desempeñando un trabajo duro	30

Frecuencia de respiración en los animales

Cuanto menor es un animal, mayor índice de espiraciones e inspiraciones registra. Este índice aumenta también al aumentar la actividad. Disminuye durante la hibernación y al sumergirse los mamíferos marinos. *(Ver páginas 102-115.)*

Animal	Nombre científico	Frecuencia de respiración- espiraciones/min.
Castor	*Castor canadensis*	16
Ballena azul	*Balaenoptera musculus*	4
Ardilla listada	*Tamias striatus*	65
Perro	*Canis familiaris*	18
Delfín	*Tursiops truncatus*	2
Ardilla voladora	*Glaucomys volans*	91
Jirafa	*Giraffa spp*	32
Cabra	*Capra hircus*	19
Hamster dorado	*Mesocricetus auratus*	74
Conejillo de Indias	*Cavia porcellus*	90
Caballo	*Equus caballus*	10
Vaca de Jersey	*Bos taurus*	27
Marmota	*Marmota marmota*	8
Marmota (en hibernación)	*Marmota marmota*	0,7
Ratón gris	*Mus musculus*	163
Conejo	*Oryctolagus cuniculus*	37
Rata blanca	*Rattus norvegicus*	86
Macaco rhesus	*Macaca rhesus*	33
Oveja	*Ovis aries*	20
Blarina rabicorta	*Blarina brevicauda*	186
Equidna de hocico recto australiano	*Tachyglossus aculeatus*	14
Barramunda (en el agua)	*Neoceratodus forsteri*	28
Canario	*Serinus canarius*	57
Cardenal	*Richmondena cardinalis*	45
Reyezuelo	*Troglodytes aëdon*	83
Anade real	*Anas platyrhynchos*	42
Avestruz (12 °C)	*Struthio camelus*	5
Avestruz (25 °C)	*Struthio camelus*	45
Gorrión	*Passer domesticus*	50

Frecuencia de aleteo

Por regla general, cuanto mayor es el área de superficie de las alas de un pájaro, tanto menor es su frecuencia de aleteo. Esta relación física es aplicable a animales tan diversos como los pájaros, los murciélagos y los insectos. *(Ver páginas 116-129.)*

Animal	Nombre científico	Aleteos/segundo
PAJAROS		
Colibrí (2 gm)	Familia *Trochilidae*	50
Colibrí (3,5 gm)	Familia *Trochilidae*	32
Colibrí (6 gm)	Familia *Trochilidae*	24
Gorrión	*Passer domesticus*	14
Vencejo común	*Apus apus*	10
Lechuza (400 gm)	*Familia Strigidae*	4
Paloma bravía	*Columba livia*	4
Corneja negra	*Corvus corone*	3,6
Ratonero común	*Buteo buteo*	3
Gaviota cana (1.000 gm)	*Larus canus*	3
Garza real	*Ardea cinerea*	2,5
Cigüeña común	*Ciconia ciconia*	2
Pelícano	*Pelicanus spp*	1
INSECTOS		
Abeja doméstica (zángano)	*Apis mellifica*	235
(reina)	*Psithyrus rupestris*	123
Cetonia dorada	*Cetonia aurata*	101
Cucaracha	*Periplaneta americana*	35
Esfinge del aligustre	*Sphinx ligustri*	30
Libélula	*Order Odonata*	25
Macaón	*Papillo machaon*	5,5
MURCIELAGOS		
Murciélago menor de cabeza de herradura (25 gm)	*Rhinolophus hipposideros*	17
Vespertilio mayor (21 gm)	*Myotis myotis*	11,5
Vampiro de lanza (90 gm)	*Phyllostomus hastatus*	10

Ciclos de división celular

Muchos de los organismos unicelulares microscópicos causantes de enfermedades e infecciones se multiplican muy rápidamente. En la mayoría de los casos, la reproducción consiste en la simple división en dos de cada célula microbiana. Este ciclo de división celular se completa en cuestión de minutos o de horas a temperatura corporal (37 °C). *(Ver páginas 94-101.)*

Organismo	Efecto/Medio	Duración del ciclo	Temperatura °C
Amoeba proteus	Vive en las charcas de agua dulce	5 horas	27
Clostridium botulinum	Causa botulismo	35 min	37
Diplococcus pneumoniae	Causa neumonía	24,5 min	37
Entamoeba histolytica	Causa disentería amebiana	5 horas	37
Escherichia coli	Vive en el intestino humano	16,5 min	37
Virus de la gripe A, PR-8	Causa gripe	7 horas	37
Paramecium aurelia	Se alimenta de bacterias y de levaduras	5 horas	27
Rhizobium leguminosarum	Fija el nitrógeno en los nódulos de las raíces de las plantas	130 min	25
Salmonella typhimurium	Causa disentería	29 min	37
Staphylococcus aureus	Causa furúnculos	27 min	37
Trichomonas vaginalis	Vive en la vagina de la mujer	5,5 horas	37
Trypanosoma mega	Causa protozoosis	19 horas	23

Ciclos de las células y los tejidos humanos

Muchas de las células del cuerpo humano se dividen continuamente, y a diferentes tipos de células corresponden velocidades diferentes. Las células del revestimiento estomacal se dividen cada dos días. Como resultado de estos ciclos celulares (C) se renuevan tejidos enteros (T): las encías se renuevan en un promedio de 94 días. *(Ver páginas 94-101.)*

	Duración del ciclo
Revestimiento de la boca	5 días (T)
Encías	94 días (T)
Esófago	6 días (T)
Estómago	2 días (C)
Duodeno	4 días (T)
Ilion (parte del intestino delgado)	2 días (C)
Colon (parte del intestino grueso)	4 días (T)/ 30 horas (C)
Recto	13 horas (C)
Células que generan glóbulos rojos	20 horas (C)
Glóbulos rojos	120 días (T)
Piel	308 horas (C)
Piel con psoriaris (enfermedad que causa manchas rojas escamosas)	37,5 horas (C)
Piel	26 días (T)
Ciclo del pelo (de brazos, pecho, orejas, cejas, manos y piernas)	5 1/2 meses (T)

Desarrollo de los ritmos humanos alfa

La actividad eléctrica del cerebro se mide con un electroencefalograma, que registra el tipo de ritmo y el voltaje generador. Los registros en niños de edades diferentes revelan que el ritmo alfa comienza a emerger a los 20 meses y está desarrollado a los cuatro años. *(Ver páginas 102-115 y 142-151.)*

Tiempo	Voltaje	Frecuencia del ritmo dominante
3 días	Bajo	Irregular
3 meses	Bajo	De 1 1/2 a 3 ciclos por seg
5 meses	En aumento	De 1 1/2 a 4 ciclos por seg
6 meses	Alto	4 ciclos por seg
11 meses	Moderado	De 4 a 5 ciclos por seg
20 meses	Alto/moderado	Alta a 4 ciclos por seg y moderada a 8 ciclos por seg (ritmo alfa)
4 años	Alto	9 ciclos por seg (ritmo alfa)
8 años	Moderado	De 9 a 10 ciclos por seg (ritmo alfa)

Duración de los ciclos de sueño

El sueño es un fenómeno cíclico. Cada 90 minutos atravesamos un ciclo completo de sueño de cuatro etapas, cada una de las cuales presenta un ritmo cerebral característico. Antes de comenzar el siguiente ciclo atravesamos una fase de sueño ligero con múltiples sueños, que se caracteriza por movimientos rápidos de los ojos. *(Ver páginas 102-115.)*

	Total de sueño (en 24 horas)	Duración del ciclo (minutos)	Porcentaje de sueño REM
Gato	14	26	28
Hamster	14	12	23
Hombre	8	90	23
Topo	8	10	25
Ratón	13	12	10
Oposum	19	23	29
Conejo	7	42	11
Rata	13	9	20
Ardilla	14	13	25

DATOS DE LOS RITMOS

Duración de la vida de los animales

La duración de la vida de un animal constituye el período de su ciclo vital desde el nacimiento hasta la muerte. Las cifras que aquí aparecen corresponden a los períodos máximos que se han registrado, aunque los períodos medios del ciclo vital son obviamente mucho más cortos. *(Ver páginas 82-93.)*

Animal	Nombre científico	Años
MAMIFEROS		
Hombre	*Homo sapiens*	115
Rorcual común	*Balaenoptera physalus*	80
Elefante asiático	*Elephas maximus*	70
Hipopótamo	*Hippopotamus amphibius*	51
Oso hormiguero	*Tachyglossus aculeatus*	49 1/2
Caballo	*Equus caballus*	46
Chimpancé	*Pan troglodytes*	44 1/2
Rinoceronte	*Rhinoceros unicornis*	40
Gorila	*Gorilla gorilla*	39 1/2
Oso	*Ursus arctos*	37
Foca	*Phoca vitulina*	34
Girafa	*Giraffa camelopardalis*	33 1/2
Vaca	*Bos taurus*	30
Camello	*Camelus bactrianus*	29 1/2
Gato de la jungla	*Felis catus*	28
Cerdo	*Sus scrofa*	27
Ciervo	*Cervus elaphus*	26 1/2
Tigre	*Panthera tigris*	26
Castor	*Castor canadensis*	20
Perro	*Canis familiaris*	20
Oveja	*Ovis aries*	20
Cabra	*Capra hircus*	18
Ornitorrinco	*Ornithorhynchus anatinus*	17
Murciélago	*Pipistrellus subfrarus*	15
Ardilla	*Sciurus carolinensis*	15
Zorro	*Vulpes vulpes*	14
Conejo	*Oryctolagus cuniculus*	13
Visón	*Mustela vison*	10
Ardilla listada	*Tamias striatus*	8
Conejillo de Indias	*Cavia porcellus*	7 1/2
Hamster dorado	*Mesocricetus auratus*	4
Erizo	*Erinaceus europaeus*	4
Ratón	*Mus musculus*	3 1/2
Rata	*Rattus norvegicus*	3 1/2
Musaraña	*Sorex palustris*	1 1/2
AVES		
Cuervo	*Corvus corax*	69
Cóndor	*Gymnogyps californicus*	65
Avestruz	*Struthio camelus*	50
Gallo	*Gallus gallus*	30
Vencejo	*Apus apus*	21
Anade real	*Anas platyrhynchos*	20 1/2
Estornino	*Sturnus vulgaris*	16
REPTILES Y ANFIBIOS		
Tortuga de Carolina	*Terrapene carolina*	85
Aligator americano	*Alligator mississippiensis*	56
Rana leopardo	*Rana pipiens*	6
PECES		
Esturión	*Acipenser fulvescens*	152
Carpa	*Cyprinus carpio*	47
Lucio	*Esox lucius*	24
Trucha	*Salmo trutta*	18
Caballa	*Scomber scombrus*	15
Salmón	*Salmo salar*	13
Anguila eléctrica	*Electrophorus electricus*	11 1/2

Signos del Zodíaco
Desde la Tierra, el Sol parece pasar por delante de 12 constelaciones, llamadas signos del Zodíaco, a lo largo de un año. En el cuadro aparecen las fechas en que el Sol entra y sale de esos signos. Se dice que el carácter de las personas viene definido por el signo en el que estaba el Sol el día de su nacimiento. *(Ver páginas 142-151.)*

Paso aparente del Sol a través de las 12 constelaciones (signos del zodíaco)	
Aries	22 marzo-20 abril
Tauro	21 abril-21 mayo
Géminis	22 mayo-22 junio
Cáncer	23 junio-23 julio
Leo	24 julio-23 agosto
Virgo	24 agosto-23 septiembre
Libra	24 septiembre-23 octubre
Escorpio	24 octubre-22 noviembre
Sagitario	23 noviembre-22 diciembre
Capricornio	23 diciembre-19 enero
Acuario	20 enero-19 febrero
Piscis	20 febrero-21 marzo

Edades astrológicas
Los astrólogos piensan que cada 25.868 años la Tierra completa un Gran Año que se divide en 12 edades astrológicas iguales. Ahora nos estamos acercando al final de la edad de Piscis para entrar en la edad de Acuario. La edad de Piscis está simbolizada por Jesús, cuyos discípulos fueron pescadores de hombres, y que alimentó a la multitud con panes y peces. La edad de Acuario está simbolizada por la humanidad, la comunicación y el comienzo de los viajes espaciales. *(Ver páginas 142-151.)*

Edades astrológicas: los 12 grandes meses del Gran Año
(Cada edad dura aproximadamente 2.160 años)

Edad	Duración aproximada
Edad de Leo	10.000- 8.000 aC
Edad de Cáncer	8.000- 6.000 aC
Edad de Géminis	6.000- 4.000 aC
Edad de Tauro	4.000- 2.000 aC
Edad de Aries	2.000 aC- 0
Edad de Piscis	0- 2.000
Edad de Acuario	2.000- 4.000
Edad de Capricornio	4.000- 6.000
Edad de Sagitario	6.000- 8.000
Edad de Escorpio	8.000-10.000
Edad de Libra	10.000-12.000
Edad de Virgo	12.000-14.000
Edad de Leo	14.000-16.000

Los ciclos astrológicos de las conjunciones planetarias
Los planetas están en conjunción cuando distan 8° en el cielo. Entonces se combinan sus influencias, lo que tiene importancia astrológica. Cuando los mismos planetas vuelven a las mismas posiciones completan un ciclo de conjunción.
Astrológicamente existe un ciclo de relación entre los planetas. El significado de la relacion no depende sólo de los planetas en cuestión, sino también del signo en el que se produce la conjunción, y de la posición que ocupen los planetas en el horóscopo de un cierto individuo. *(Ver páginas 142-151.)*

Planetas	Período de conjunción (años)
Plutón y Neptuno	492
Urano y Neptuno	171
Saturno y Urano	91
Saturno y Neptuno	35
Saturno y Júpiter	20
Júpiter y Urano	14
Júpiter y Neptuno	13
Júpiter y Plutón	12

1 ciclo de Plutón = 1 1/2 ciclos de Neptuno
= 3 ciclos de Urano
= 8 1/2 ciclos de Saturno
= 21 ciclos de Júpiter
= 132 ciclos de Marte
= 248 ciclos de la Tierra
= 400 ciclos de Venus
= 1.033 1/3 ciclos de Mercurio

Edades astrológicas y épocas vitales del hombre

Los astrólogos dividen la vida de una persona en siete edades, asignando a cada una un planeta que las gobierne. El carácter del planeta rige y configura la edad sobre la que actúa. Las tres épocas vitales del hombre coinciden aproximadamente con el ciclo de Saturno, al final del cual —a la edad de 28, 56 y 84 años— pueden tener lugar grandes cambios en la vida de una persona. *(Ver páginas 142-151.)*

Edad (años)	Planeta dominante	Características
1-4	Luna	Total dependencia del niño con respecto a la madre
5-14	Mercurio	Curiosidad y educación
14-22	Venus	Adolescencia: madurez sexual, integración en la sociedad
23-41	Sol	Auge de virilidad, salud y actividad
42-56	Marte	Amplitud de la esfera de influencia: realización de ambiciones
57-68	Júpiter	Reflexión sobre los acontecimientos de la Tierra: contemplación de la realidad espiritual
68-muerte	Saturno	Valoración de la vida y preparación a la muerte
Después de la muerte y antes del nacimiento	Plutón	La vida posterior a la muerte

PERIODOS VITALES

Período vital (años)	Características
1-28	Identificación de uno mismo, desarrollo del nacimiento a la edad adulta
28-56	Expansión de la identidad: ampliación de uno mismo en el campo elegido: papel de padre y cónyuge
56-84	Contracción de la identidad: objetivos conseguidos o no conseguidos: cosecha de recompensas, deudas pagadas, preparación del alma para la muerte física

Yin y Yang

Según los principios opuestos chinos, todo está compuesto de yin y yang, ambos antagónicos y complementarios. *(Ver páginas 142-151.)*

	Yang	Yin
En el mundo natural	Día	Noche
	Día claro	Día nuboso
	Primavera/verano	Otoño/invierno
	Este/Sur	Oeste/Norte
	Superior	Inferior
	Exterior	Interior
	Calor	Frío
	Fuego	Agua
	Luz	Oscuridad
	Sol	Luna
En el cuerpo	Superficie del cuerpo	Interior del cuerpo
	Columna/espalda	Tronco/abdomen
	Masculino	Femenino
	Fluido del cuerpo claro o limpio	Fluido del cuerpo nuboso o sucio
	Energía	Sangre
En la enfermedad	Aguda/virulenta	Crónica/no activa
	Potente/en auge	Débil/remitente
	Los pacientes sienten o desprenden calor al roce o tienen temperaturas altas	Los pacientes sienten o desprenden frío al roce o tienen temperaturas bajas
	Seco	Húmedo
	En aumento	En descenso
	Rápida	Crónica

Manchas solares y acontecimientos históricos

Han existido numerosas controversias sobre la posible sincronización de un ciclo de acontecimientos históricos con el ciclo de manchas solares, y sobre la afirmación de que casi todos los acontecimientos notables han tenido lugar entre los tres o cuatro años antes, o en el auge, de la cantidad de manchas solares. Se dan aquí las fechas de máxima en las manchas solares junto con los acontecimientos más notables de la época. *(Ver páginas 142-151.)*

1778	La Guerra de Independencia estadounidense (1775-1783) condujo a la Declaración de Independencia (1776) y a la derrota de los Británicos.
1788-1789	Se redactó la Constitución estadounidense (1787): la Revolución Francesa se llevó a cabo con éxito (1789), dando lugar al levantamiento de la clase media.
1802-1803	La rebelión irlandesa fue sofocada (1799). Unión parlamentaria de Gran Bretaña e Irlanda. Se forma el Reino Unido (1800).
1817	El duque de Wellington pone fin a la era napoleónica, derrotando a los franceses en Waterloo (1815), pero Inglaterra inicia la depresión económica.
1829-1830	Emancipación de los católicos irlandeses (1829): instauración de la primera fuerza de policía en Londres (1829): independencia de Grecia (1830).
1837	Se crea el sindicalismo (1834): redacción de los Estatutos del Pueblo (1836). Victoria es nombrada reina de Inglaterra (1837).
1849	Manifiesto comunista de Marx y Engels (1848): se proclama la República Francesa (1848): descubrimiento de oro en California (1848).
1860-1861	Sublevaciones en la India (1857-1858): Darwin publica *El origen de las especies* (1859): estalla la Guerra civil estadounidense (1861).
1871	Comienza la occidentalización de Japón (1868): la educación se hace asequible a todos los niños británicos (1870): declaración de la Comuna de París (1870).
1883-1884	Alemania, Austria e Italia firman la Triple Alianza (1882): el terrorismo invade Gran Bretaña y Rusia (1880-1882): erupción del Krakatoa (1883).
1893	Levantamiento de socialistas y anarquistas en Francia, España y EE.UU. (1890-1892): plaga de hambre en Rusia (1892).
1905-1907	Estalla en Sudáfrica la guerra de los boer (1899-1902): separación Iglesia-Estado en Francia (1905): fracasa la Revolución Rusa (1905).
1917	Sublevación de Pascua en Dublín (1916): se lleva a cabo con éxito la Revolución Rusa (1917): Palestina se conviere en territorio nacional para los judíos (1917).
1928	Huelga general en Gran Bretaña (1926): Stalin toma el poder en Rusia (1926): derecho al voto femenino en Gran Bretaña (1928).
1937	Dictadura de Hitler (1934): estalla la guerra civil española (1936): comienza la economía keynesiana (1936): Japón ataca a China (1936).
1948	Formación de las Naciones Unidas (1945): se proclama el Estado de Israel (1948): se lleva a cabo con éxito la revolución en China (1946-1949).
1957	Israel invade Egipto, lo que da lugar a la crisis de Suez (1956): Rusia invade Hungría (1956) y lanza el primer satélite espacial (1957).
1968-1969	Revolución cultural en China (1965-1968): protestas en todo el mundo (1968): se inician los conflictos en Irlanda (1968-1969).
1979-1980	Instauración de la democracia en España (1976): la sequía azota a Gran Bretaña (1976): revolución en Irán (1979): Rusia invade Afganistán (1979).

INDICE ANALITICO

Los números de páginas en negrita hacen referencia a temas mencionados en los encabezamientos de las ilustraciones. La mayoría de ellos aparecen también en el texto principal (ej.: Adrenalina, **133**). Los números en caracteres ordinarios remiten sólo a referencias en el texto principal (ej.: Aborígenes, 75, 172). Los números en bastardilla remiten sólo a los cuadros (ej.: *Aix galericulata, 187*).

A

B

C

CH

D

E

F

G

N

Ñ

O

P

Q

R

AGRADECIMIENTOS

Relación de páginas por autor:

Dr. Philip Whitfield	8-13, 14-33, 34-51, 94-101, 102-115, 185
Dr. John Brady	52-63
Dr. D. M. Stoddart	64-81, 116-129
Dr. Bryan Turner	82-93
Dr. Martin Hetzel	130-141
Kendrick Frazier	142-151
Paul Bohannan	152-169
Chris Morgan	170-183

Los editores han recibido, para la preparación de esta obra, invalorable ayuda de: Mary Corcoran, servicio gráfico; Libby Wilson, ayudante de edición; Ann Kramer, preparación del índice analítico; Robert De Filipps, de la Office of Biological Conservation, Smithsonian Institution; Bárbara Anderson; Candy Lee; Nigel O'Gorman

Los editores agradecen sus servicios a los siguientes fotógrafos y agencias fotográficas. Abreviaturas empleadas: *a, arriba; ad, arriba derecha; ai, arriba izquierda; c. centro; i, izquierda; d, derecha; ab, abajo; abd, abajo derecha; abi, abajo izquierda.*

Páginas 6/7 Stephen Dalton/Bruce Colemen (búhos), A. Wetzel/ZEFA (luna), Spectrum Colour Library (nube); 8/9 Camera Press; 10/11 John Garrett; 12 John Bigg; 13 Lorna Minton; 14/15 Bill Brooks/Masterfile; 16 Space Frontiers Ltd; 20 *a* Space Frontiers Ltd; 17 *ab* Jet Propulsion Laboratory; 18/19 Space Frontiers Ltd; 20 *i* Space Frontiers Ltd; 20 *d* Dr C. T. Scrutton, University of Newcastle upon Tyne/*New Scientist;* 20/21 Lick Observatory Photograph; 22 Michael Boys/Susan Griggs Agency; 24 Space Frontiers Ltd; 25 Santosh Basak/Frank Spooner Pictures; 26 Aerofilms Ltd; 27 *i* Oxford Scientific Films; 27 *d* John Cleare; 30/31 Horst Munzig/Susan Griggs Agency; 32/33 Lick Observatory Photographs; 34/35 Denis Waugh; 36 Ann Ronan Picture Library; 37 Adam Woolfitt/Susan Griggs Agency; 38 Heather Angel; 39 P. H. & S. L. Ward/Natural Science Photos; 41 Ardea London; 45 The Photographic Library of Australia; 46 Mireille Vautier; 47 H. W. Silvester/Rapho; 48 Roland & Sabrina Michaud/John Hillelson Agency; 49 Dr. J. A. L. Cooke/Oxford Scientific Films; 52/53 David Thompson/Oxford Scientific Films; 56 Stouffer Productions/Bruce Coleman; 57 Wayne Lankinen/Bruce Coleman; 60 Charlie Ott/Bruce Coleman; 62 The Mansell Collection; 64/65 R. Kruschel/Okapia; 68 Varin-Visage/Jacana; 69 Leonard Lee Rue III/Bruce Coleman; 71 Valerie Taylor/Ardea London; 72 Francisco Erize/Bruce Coleman; 73 *i* Carol Hughes/Bruce Coleman; 73 *d* Joe McDonald/Oxford Scientific Films; 74 P. Jones-Griffiths/John Hillelson Agency; 75 Massart/Jacana; 76 *i* P. Bading/ZEFA; 76 *d* David & Katie Urry/Ardea London; 77 Bryan & Cherry Alexander; 78 Jane Burton/Bruce Coleman; 80 Ted Spiegel/John Hillelson Agency; 82/83 Tadanori Saito/Rex Features; 85 Alan Root/Bruce Coleman; 86 Nigel O'Gorman; 90 Marion Morrison; 91 Oficina Nacional de Turismo Suiza; 93 Mike Abrahams/Network; 94/95 David Thompson/Oxford Scientific Films; 96 Carolina Biological Supply Co/Oxford Scientific Films; 97 E. H. Cook/Science Photo Library; 98 Zig Lesczynski/Oxford Scientific Films; 102/103 Adam Woolfitt/Susan Griggs Agency; 104 F. G. Bass/Natural Science Photos; 106 Ken Balcomb/Bruce Coleman; 107 David Redfern; 109 Oxford Scientific Films; 110 Tibor Hirsch/Susan Griggs Agency; 111 Wayne Lankinen/Bruce Coleman; 113 Spectrum Colour Library; 114 Edward Hausner/NYT Pictures/John Hillelson Agency; 116/117 Pete Turner/The Image Bank; 119 Stephen Dalton/NHPA; 120 Stephen Dalton/Oxford Scientific Films; 121 Jean-Paul Ferrero/Ardea London; 123 The Royal Photographic Society; 124 *i* Philippe Varin/Jacana; 124 *d* Root/Okapia; 125 Leo Mason; 127 David Hughes/Bruce Coleman; 128 *i* Dr. Giuseppe Mazza; 128 *ad* Heather Angel; 128 *abd* Colorsport; 129 Dr. Giuseppe Mazza, 130/131 Howard Sochurek/John Hillelson Agency; 133 John Watney; 141 L. L. T. Rhodes/Daily Telegraph Colour Library; 142/143 Michael Friedel/Woodfin Camp & Associates/Susan Griggs Agency; 144 *d* Kobal Collection; 145 Sporting Pictures (UK) Ltd; 146 Alan Hutchison Library; 147 *i* Bruno Barbey/John Hillelson Agency; 147 *d* Roland & Sabrina Michaud/John Hillelson Agency; 150 Bruno Barbey/John Hillelson Agency; 151 Spectrum Colour Library; 152/153 Anthony Crickmay; 154 Phelps/-Rapho; 155 *i* Marc Tulane/Rapho; 150 *d* Sergio Larrain/John Hillelson Agency; 156 Patrick Thurston; 157 *d* Clive Barda; 157 *d* Abbas/Frank Spoonner Pictures; 158 *i* John Bulmer; 158 *d* Richard & Sally Greenhill; 159 Mike Abrahams/Network; 160/161 Peter Carmichael/Aspect Picture Library; 161 Kobal Collection; 162 *i* Tony Carr/Colorific!; 162 *d* Rabout/Rapho; 163 Marc Riboud/John Hillelson Agency; 164/165 Tadanori Saito/*The Sunday Times*. Londres; 166 John Sturrock/Report, Londres; 167 Associated Press; 168 *i* Juliet Highet/Alan Hutchison Library; 168 *d* Spectrum Colour Library; 169 George Hall/Susan Griggs Agency; 170/171 The Mansell Collection; 172 *i* Victoria & Albert Museum; 172 *d* Michael Holford Library/Musée Guimet. París; 173 Scala/Vision International; 174 Octopus/California Institute of Technology & Carnegie Institution of Washington; 175 *i* Ann Ronan Picture Library; 175 *d* Angelo Hornak; 176 Michael Holford/Cortesía de los Trustees of the British Museum; 177 *ai* Werner Forman Archive/ Museo Nacional de Antropología, México; 177 *abi* Giraudon; 177 *d* Aerofilms Ltd; 178 The Mansell Collection; 179 *i Salisbury Times & Journal* Co Ltd; 179 *c* Victoria & Albert Museum; 179 *d* Ann Ronan Picture Library; 180 Victoria & Albert Museum; 181 *i* Victoria & Albert Museum; 181 *c* Victoria & Albert Museum; 181 *d* Paul Brierley; 182 Alain Keler/Sygma/John Hillelson Agency; 183 Peter Newark's Western Americana; 184/185 Science Photo Library.